

کانه‌زایی طلا در پهنه‌های برشی شکل‌پذیر و شکنای کانسار چاه‌باغ،

منطقه معدنی موته، پهنه سنندج - سیرجان

نوشته: حسین کوهستانی*، دکتر ابراهیم راستاد*، دکتر نعمت‌الله رشیدنژاد عمران* و دکتر محمد محجل*

Gold Mineralization in Chah-Bagh Ductile-Brittle Shear Zones, Muteh Mining District, Sanandaj-Sirjan Zone

By: H., Kouhestani*, Dr. E. Rastad*, Dr. N. Rashidnejad Omran*, Dr. M. Mohajjel*

چکیده

کانسار طلای چاه‌باغ در بخش مرکزی پهنه سنندج - سیرجان و در ۶۰ کیلومتری جنوب‌باختری دلیجان، در منطقه معدنی موته قرار دارد. واحدهای سنگی رخنمون‌یافته در منطقه که در حد رخساره شیست‌سبز - آمفیولیت زیرین دگرگون شده‌اند، شامل مجموعه‌ای از سنگهای آتشفشانی اسیدی و آتشفشانی - رسوبی دگرگون‌شده و دگرشکل با امتداد عمومی شمال‌خاوری - جنوب‌باختری هستند که توده‌های نفوذی بازی (دایک و سیل) در آنها نفوذ کرده‌اند. سن این واحدها به دونین و حتی قدیمی‌تر نسبت داده شده است.

توالیهای سنگی رخنمون‌یافته در منطقه، تحت تأثیر فازهای متعدد و شدید دگرشکلی، نظم و ترتیب اولیه خود را از دست داده و ساختارها و فابریکهای متفاوتی را به وجود آورده‌اند. مهم‌ترین دگرشکلی و ساختار اصلی منطقه تحت تأثیر پهنه برشی شکل‌پذیر از نوع معکوس با مؤلفه راستگرد و روند ساختاری WNW (۲۹۰°-۲۸۰°) حاصل شده است. آثار این دگرشکلی به صورت میلونیتی شدن سنگها، گسترش برگوارگی غالب میلونیتی، خطواره کششی نافذ، چینهای جناغی و ... در سنگها تظاهر نموده است.

کانه‌زایی طلا در پهنه‌های برشی شکل‌پذیر و شکنای رخ داده است. بیشترین تمرکز کانه‌زایی طلا در پهنه‌ای به درازای یک کیلومتر و پهنای متوسط تا ۶۰ متر، در امتداد شمال‌خاوری - جنوب‌باختری (N40-50E)، در پهنه برشی شکل‌پذیر دیده می‌شود. این تیپ کانه‌زایی که برای اولین بار در چاه‌باغ معرفی می‌شود، ژئومتری عدسی‌شکل و شبیه به سمت شمال‌باختری (N60-80W) دارد. نتایج حاصل از نمونه‌های برداشت‌شده از بخشهای سیلیسی شده این پهنه، میزان طلا را بین ۱/۸-۱۳/۲ گرم در تن نشان داده است. دگرشکلی در این پهنه به صورت پروتومیلونیت، میلونیت و اولترامیلونیت می‌باشد. کانه‌زایی تیپ شکنای، در امتداد گسلهای عادی با روند N40W و شیب مایل به سمت شمال‌خاوری رخ داده است. این تیپ کانه‌زایی شامل پهنه‌های سیلیسی - سولفیدی طلا دار است. پهنه اصلی سیلیسی - سولفیدی طلا دار چاه‌باغ ۱۰۰ متر درازا و ۳-۵ متر ضخامت داشته و دارای راستای عمومی N35W می‌باشد. نتایج حاصل از نمونه‌های برداشت‌شده از این پهنه سیلیسی - سولفیدی، میزان طلا را تا ۱/۸۲ گرم در تن نشان داده است. واحدهای سنگی دربرگیرنده این پهنه‌ها به طور عمده سنگهای آتشفشانی اسیدی و آتشفشانی - رسوبی دگرگونی (متارولیت و فلسیک‌شیست) کاملاً دگرشکل می‌باشند. واحدهای فوق در پهنه‌های برشی تحت تأثیر دگرسانی قرار گرفته‌اند. شدت و نوع دگرسانی در واحدهای مختلف، متفاوت است. از مهم‌ترین دگرسانیها می‌توان به دگرسانی سریستی، کائولینیتی، اپیدوتی، تورمالینی، سیلیسی و سولفیدی اشاره کرد. دگرسانیهای سیلیسی و سولفیدی بیشترین گسترش را در بخشهای داخلی پهنه‌های برشی داشته و منطبق بر پهنه‌های کانه‌دار هستند.

بررسیهای انجام‌شده نشان‌دهنده ارتباط مکانی و زمانی دگرسانی با دگرشکلی است. از نظر مکانی، این ارتباط توسط انطباق پهنه‌بندی دگرسانی و دگرشکلی مشخص می‌شود. از سوی دیگر، فضاهای خالی که طی دگرشکلی شکل‌پذیر و فرایند میلونیتی شدن به وجود آمده و کاملاً هم‌روند با برگوارگی است و نیز ریزشکستگیهای موجود در پورفیر و کلاستها که در حین جریان کاتاکلاستیک بلورها ایجاد شده‌اند، هر دو توسط کوارتزها و پیریت‌های مرحله گرمایی به طور هم‌زمان پر شده‌اند، بیانگر همبستگی زمانی دگرسانی و دگرشکلی می‌باشد. نکته جالب این که، تغییرات عیار طلا با دگرشکلی و دگرسانی ارتباط نزدیک دارد. به طوری که عیارهای بالای طلا به بخشهای سیلیسی و سولفیدی شده به شدت دگرشکل (میلونیتی و اولترامیلونیتی) و پهنه‌های سیلیسی - سولفیدی طلا‌داری که در بخشهای داخلی پهنه‌های دگرسانی قرار گرفته‌اند، تعلق دارند.

کانی‌شناسی ماده معدنی بسیار ساده بوده و در نوع شکل‌پذیر شامل پیریت و کلکوپیریت و در نوع شکنای شامل پیریت، آرسنوپیریت و کلکوپیریت است. هیدروکسیدهای آهن و دیگر محصولات هوازده، این سولفیدها را در پهنه‌های دگرسانی همراهی می‌کنند. بر اساس مطالعات میکروسکوپی، کوارتز مهم‌ترین کانی سنگ‌ساز در کانسار چاه‌باغ است و به صورت سه نسل، به ترتیب کوارتز پیش از دگرشکلی، کوارتز مرحله اول گرمایی و کوارتز گرمایی همراه با سولفید

(مرحله تأخیری) مشاهده می‌شود. بر اساس این مطالعات و بر مبنای روابط بافتی، کانیهای سولفیدی را می‌توان به دو نسل تفکیک کرد: سولفیدهای نسل اول شامل پیریت، آرسنوپیریت و کلکوپیریت، درشت‌دانه و شکل‌دار بوده و به صورت دانه‌های مجزا یا در امتداد سطوح ضعف (مانند شکستگیها یا مرز دانه‌ها) کوآرتزهای نسل دوم و کوآرتزهای پیش از دگرشکلی دیده می‌شوند. سولفیدهای نسل دوم با پیریت و کلکوپیریت ریزدانه و بی‌شکل مشخص شده و به صورت دانه‌پراکنده و بدون هیچ‌گونه نشانه دگرشکلی، در سنگهای دگرسان‌شده مشاهده می‌شوند.

بر اساس مطالعات میکروسکوپی نمونه‌های تهیه‌شده از بخشهای پرعیار، طلا به صورت آزاد، چه درون باطله سیلیسی و چه در حاشیه کانیهای سولفیدی دگرسان‌شده، مشاهده نگردید. اما تجزیه الکترون میکروپروپ و میکروسکوپ الکترونی نمونه‌ها نشان‌دهنده حضور طلا به صورت درگیر در شبکه کانیهای سولفیدی است. بر اساس این مطالعات، طلا با هر دو فاز پیریت و کلکوپیریت مشاهده می‌شود. همچنین این مطالعات بیانگر حضور نقره به صورت درگیر در شبکه کانیهای سولفیدی و به شکل آزاد در باطله سیلیسی است.

مطالعه نمونه‌های برداشت‌شده در راستای مقاطع لیتوژئوشیمیایی عمود بر روند پهنه‌های کانه‌دار نشان می‌دهد که در بین عناصر اصلی، سیلیسیم و هم‌روند با آن تیتانیم، گوگرد و آهن و در بین عناصر فرعی، آرسنیک، مولیبدن، تنگستن و کروم، در بخشهای به شدت دگرشکل و دگرسان‌شده، همراه با افزایش طلا افزایش می‌یابند. بر اساس این مطالعات، در بین عناصر REE، عناصر خاکی کمیاب سبک (به جز Eu) در نمونه‌های به شدت سیلیسی و سولفیدی شده دارای عیارهای بالای طلا، غنی‌شدگی نشان می‌دهند.

مطالعات انجام‌شده در مقیاسهای مختلف، عوامل کنترل‌کننده تمرکز کانه‌زایی در کانسار چاه‌باغ را پهنه‌های برشی (شکل‌پذیر و شکنای) و دگرسانی (سیلیسی و سولفیدی) نشان می‌دهد. نتایج این مطالعات و همچنین مقایسه ویژگیهای اصلی کانسار چاه‌باغ با کانسارهای طلای تیب کوهزایی حاکی از آن است که کانسار چاه‌باغ از نظر ویژگیهای زمین‌شناسی و کانه‌زایی، بیشترین شباهت را با این تیب از کانسارهای طلا دارد.

کلید واژه‌ها: کانه‌زایی طلا، پهنه‌های برشی شکل‌پذیر و شکنای، میلونیت، دگرشکلی، دگرسانی، چاه‌باغ، مونه.

Abstract

Chah-Bagh gold deposit is located in central part of Sanandaj-Sirjan zone, 60 km southwest of Delidjan, in Muteh mining district. Rock units exposing in the area underwent greenschist to lower amphibolite metamorphism. They consist of NW-SE trending deformed and metamorphosed volcano-sedimentary and acidic volcanic rocks. These units, thought to be of Devonian or pre-Devonian age have been intruded by basic sills and dikes.

The rock units are characterized by several phases of intense deformation that lead to the generation of different fabrics and structures. The most important structure in the area is caused by WNW (N280-N290°) trending inverse dextral ductile shear zone. Mylonitization, extension of mylonitic foliation, penetrative stretching lineation, chevron folds, and etc. are generated by ductile deformation in the area.

Gold mineralization occurs in ductile and brittle shear zones. The maximum gold concentration occurs along 1 km long, 60 meters wide NW-SE trending (N40-50E) ductile shear zone. Ductile gold mineralization, reported for the first time in Chah-Bagh, has NW (N60-80W) dipping lenticular shape. Samples taken from silicified parts of this zone contain 1.8-13.2 ppm gold. Deformation in this zone occurs as protomylonite, mylonite and ultramylonite. Brittle mineralization, including gold-bearing siliceous-sulfidic zones, occurs along N40W trending, NE dipping normal faults. The main gold-bearing siliceous-sulfidic zone in Chah-Bagh is 100 meters long and 3-5 meters wide with N35W general trend. Geochemical analysis of samples taken from this sulfide-siliceous zone indicates near 1.82 ppm of gold grades. The rock units hosting the above mentioned shear zones consist mainly of intensely deformed meta-acidic volcanic and volcano-sedimentary rocks (metarhyolite and felsic schist). These rock units have experienced different types of alteration with various intensities. The most important ones are sericitization, kaolinitization, epidotization, tourmalinization, silicification and sulfidization. Silicified and sulfide alteration observed in the inner parts of alteration zones coincide with the ore-bearing zones.

Studies suggest temporal and spatial relation between alteration and deformation. Spatial relations are interpreted by overlapping alteration and deformation zones. Hydrothermal quartz and pyrites filled foliation parallel open spaces (generated during ductile deformation and mylonitization) and also micro-fractures of porphyroclasts (with grain cataclastic flow origin) simultaneously. These facts reflect temporal correlation between deformation and alteration. High gold contents are related to silicified highly-deformed mylonitic and ultramylonitic units and also sulfide-bearing zones coinciding with the inner parts of alteration zones.

Simple ore-mineral assemblages include pyrite and chalcopyrite in ductile shear zone and pyrite, arsenopyrite and chalcopyrite in brittle ones. Iron hydroxides and other weathering products accompany these sulfide minerals in the alteration zones. Based on microscopic studies, quartz, the main rock-forming mineral in Chah-Bagh deposit, is considered to be of three generations: pre-deformation quartz, first stage hydrothermal quartz and hydrothermal quartz accompanied by sulfide (late stage),

respectively. Based on microscopic structural and textural studies, sulfide minerals can be divided into two different generations. The first generation consists of euhedral and coarse grain pyrite, arsenopyrite and chalcopyrite occurring in the form of segregated grains or along weak surfaces (such as fractures and grain boundaries) of second stage and pre-deformation quartz grains. The second generation of sulfides is characterized by undeformed disseminated fine grain anhedral pyrite and chalcopyrite in altered rocks.

In elevated gold-bearing samples, gold cannot be observed in siliceous gangue and altered sulfide mineral margins, however, electron microprobe analysis indicates invisible gold within the sulfide minerals. Based on these studies, gold has been observed with both pyrite and chalcopyrite phases. Silver exists as invisible within sulfide minerals and in the form of native one within siliceous gangue.

Lithochemical survey perpendicular to ore-bearing zones shows positive correlation between silica, titanium, sulfur, iron, arsenic, molybdenum, tungsten and chromium and high-grade zones are accompanied by deformation and alteration. Light rare earth elements (LREE except Eu) are enriched in sulfidized and silicified parts with elevated gold contents.

Controlling parameters for mineral concentration in Chah-Bagh deposit are shear zones (ductile and brittle) and alteration (silicification and sulfidization). Comparing Chah-Bagh main characteristics with orogenic gold deposits, Chah-Bagh has the most similarities with orogenic gold mineralization therefore it is considered to be of this type.

Keywords: Gold mineralization, Ductile and brittle shear zones, Mylonite, Deformation, Alteration, Chah-Bagh, Muteh.

۱- مقدمه

کانسارهای طلائی که در پی فرایندهای کوهزایی تشکیل می‌شوند، از گسترش وسیعی در فائروزیویک برخوردارند (Bierlein & Crowe, 2000; Goldfarb et al., 2001). این کانسارها که کانسارهای طلائی کوهزایی نامیده شده‌اند (Groves et al., 1998)، نوع اقتصادی و بسیار مهمی از کانه‌زایی طلا در کمربندهای دگرگونی می‌باشند (Groves et al., 2003).

هرچند از مطالعه این کانسارها در ایران مدت زمان زیادی نمی‌گذرد، اما مطالعات چند سال اخیر صورت گرفته در پهنه دگرگونی- ماگمایی سنندج- سیرجان نشان می‌دهد که این پهنه با توجه به قرارگیری کانسارهای طلائی تیب کوهزایی مانند کرویان در بخش شمال‌باختری (حیدری و همکاران، ۱۳۸۲؛ حیدری، ۱۳۸۳)، موته در بخش مرکزی (رشیدنژاد عمران، ۱۳۸۱؛ کوهستانی، ۱۳۸۳) و زرتشت در منتهی‌الیه جنوب‌خاوری (راستگوی مقدم و همکاران، ۱۳۸۲) دارای ویژگیهای کمربندهای دگرگونی میزبان این تیب از کانسارهای طلا است (شکل ۱). بنابراین اکتشافات ناحیه‌ای در این پهنه و دیگر پهنه‌های مشابه در کشور اهمیت ویژه‌ای دارد و می‌تواند از نظر کانه‌زایی طلائی تیب کوهزایی مؤثر واقع گردد.

کانسار طلائی چاه‌باغ در ۶۰ کیلومتری جنوب‌باختری دلجان، در استان اصفهان واقع است. این کانسار در منطقه معدنی موته، در دره‌ای موسوم به کال‌شور و به فاصله ۲۵ کیلومتری باختر- جنوب‌باختری کارخانه استحصال طلا قرار دارد (شکل ۲). وجود آثار معدنکاری قدیمی (کار شدادی) و آثار

باقیمانده از فعالیتهای معدنی قدیمی، حاکی از قدمت معدنکاری طلا در منطقه است. مطالعات و تحقیقات پیشین (صدیق، ۱۳۷۸؛ موریتز و غضبان،

۱۹۹۶ و ۱۹۹۵؛ حسنی و همکاران، ۱۳۸۱ و رشیدنژاد عمران، ۱۳۸۱) کانه‌زایی طلا در منطقه موته را به پهنه‌های برشی شکنا در امتداد گسل‌های عادی با راستای شمال‌باختری، مربوط می‌دانند. مطالعات تکمیلی رشیدنژاد عمران (۱۳۸۱) و تحقیق حاضر، بیانگر وجود یک پهنه برشی از نوع شکل‌پذیر تا شکل‌پذیر- شکنا در کانسار چاه‌باغ است. این تیب کانه‌زایی (تیب شکل‌پذیر) که برای نخستین بار معرفی می‌شود، قابل مقایسه با کانسار طلائی کرویان (محجل و شمسا، ۱۳۸۱؛ حیدری، ۱۳۸۳) در استان کردستان است. از این رو مطالعه آن می‌تواند به عنوان یک الگو در اکتشاف رخدادهای مشابه طلا در پهنه‌های برشی واقع در پهنه سنندج- سیرجان و حتی سایر پهنه‌های ساختاری مشابه در ایران، مورد استفاده قرار گیرد.

۲- زمین‌شناسی

کمپلکس شیست‌سبز با سن دونین و حتی قدیمی‌تر (رشیدنژاد عمران، ۱۳۸۱) واحد دربر دارنده کلیه فعالیتهای معدنکاری طلا در منطقه موته است. این کمپلکس در محدوده کانسار چاه‌باغ، مجموعه‌ای از سنگهای آتشفشانی اسیدی و آتشفشانی- رسوبی دگرگون‌شده و دگرشکل با امتداد عمومی شمال‌خاوری- جنوب‌باختری است که توده‌های نفوذی بازی (دایک و سیل) و اسیدی در آنها نفوذ کرده‌اند.

مجموعه‌های رخنمون‌یافته در محدوده معدنی چاه‌باغ شامل سنگهای زیر است (شکل ۳):

شیستهای سبز: این واحد که در محدوده کانسار گسترش زیادی دارد، بیشتر به صورت توف و گدازه‌های مافیک، به ندرت به شکل دایک و سیلهای بازی، دیده شده و فرایندهای دگرشکلی و دگرگونی را در حد رخساره شیست‌سبز تحمل کرده است. از نظر پاراژنز کانیایی از اکتینولیت، کلریت،

برخی گسلهای اصلی و صفحات محوری چینه‌ها نشان‌دهنده حضور نقاط ضعف ساختاری با عمق زیاد است که مجرایی برای سیالهای گرمایی و جریان مذبذب گوشته‌ای فراهم آورده است. به اعتقاد (Bierlein et al., 2004)، این سنگها ارتباط زمانی و مکانی نزدیکی با نفوذیهای پس از زمین ساختی دارند.

در خاور دره کال شور توده گرانیتی رخنمون دارد که به دلیل دگرشکلی بالا به میلوئیت تبدیل شده است. این توده گرانیتی با وسعتی حدود ۸-۹ کیلومتر مربع، در پهنه برشی شکل‌پذیر رخنمون یافته است. بافت ماگمایی دانه‌ای، ناهمسان‌دانه، گاه نسبتاً درشت و تجمعی بوده و کوارتز، پلاژیوکلاز سدیم و کم‌ویش بیوتیت، از سازنده‌های اصلی آن هستند. در طی دگرشکلی در پهنه‌های برشی شکل‌پذیر، بافت و ساخت اولیه گرانیتی متحول گردیده و تشکیل نوارهای تیره از کانیهای میکایی (بیشتر بیوتیت) و کانیهای روشن از کوارتز و فلدسپار با فابریک میلوئیتی داده است و همین امر موجب گردیده تا سنگهای گرانیتی میلوئیتی با گنیس مشابه گردد (شکل ۴). حضور این توده گرانیتی در محدوده کانسار نشان از گرادیان زمین‌گرایی بالای این ناحیه در زمان تشکیل آن دارد. بنابراین نفوذ این توده را می‌توان در پهنه برشی شکل‌پذیر، هم‌زمان با فرایند زمین‌ساختی منطقه در نظر گرفت (Groves et al., 1998). سن جایگزینی این توده را بر اساس سن توده‌های مشابه که از گرانیت‌های شمال مونه حاصل شده است (رشیدنژاد عمران، ۱۳۸۱)، می‌توان به رویداد کرتاسه میانی - پایانی نسبت داد.

۳- ساختار و دگرشکلی

مطالعات ساختاری انجام‌شده در محدوده کانسار چاه‌باغ نشان‌دهنده تأثیر فازهای متعدد و شدید دگرشکلی در منطقه است، به طوری که توالیهای سنگی رخنمون‌یافته در منطقه تحت تأثیر این فازها نظم و ترتیب اولیه خود را از دست داده و واحدهای سنگی مختلف با ساختارها و فابریکهای متفاوت را به وجود آورده‌اند. نوع و شدت دگرشکلی ایجادشده، یکسان نبوده و انواع دگرشکلیهای شکل‌پذیر تا شکننا به همراه واحدهای کمتر دگرشکل‌شده تا واحدهای به شدت دگرشکل‌شده در منطقه قابل مشاهده است. مهم‌ترین دگرشکلی که ساختار منطقه چاه‌باغ را به وجود آورده، تحت تأثیر پهنه برشی شکل‌پذیر حاصل شده است. آثار این دگرشکلی به صورت میلوئیتی شدن سنگها، گسترش برگوارگی غالب میلوئیتی، خطواره کششی نافذ، چینه‌های جناغی و ... در سنگها تظاهر نموده است.

بر اساس بررسیهای ساختاری انجام‌شده در منطقه، سه روند عمده از مقیاس رخنمون تا میکروسکوپ قابل تشخیص است که قابل مقایسه با روندهای ناحیه‌ای در منطقه می‌باشد. الف) روند شمال‌باختری - جنوب‌خاوری که

اپیدوت، فلدسپار قلیایی، روتیل، اسفن و مگنتیت تشکیل شده‌اند. کانیهای بیوتیت، آپاتیت، لوکوکسن، هیدروکسیدهای آهن و گاه پیریت، کم‌ویش در نمونه‌های مختلف این سنگها دیده می‌شوند. از مشخصات بارز این سنگها، دگرشکلی و چین‌خوردگی است که برگوارگی سنگها را تحت تأثیر قرار داده و سبب ایجاد ریزچینه‌های تخت گردیده که محور آنها به موازات برگوارگی عمومی سنگ است.

فلسیک‌شیست‌ها: این سنگها، در واقع سنگهای دگرگونی آتشفشانی - رسوبی (مخلوط رسوبات پلیتی و توفهای اسیدی دگرگونی) هستند که در حد رخساره شیست‌سبز دگرگون شده‌اند. این سنگها در تناوب با دیگر برنزدهای منطقه به طور مکرر دیده می‌شوند، اما رخنمون اصلی آنها در محل کانسار و شمال‌باختری محدوده معدنی است. پارامترهای دگرشکلی مانند برگوارگی چین‌خورده، تبلور دوباره، فابریکهای C/S و دگرشکلی شکننا در آنها به خوبی دیده می‌شود. از نظر پاراژنز کانیایی به طور عمده از کوارتز، فلدسپار پتاسیم، فلدسپار پلاژیوکلاز، بیوتیت و مسکوویت و کانیهای کدر تشکیل شده‌اند. سریسیت، کلریت و کلسیت، به عنوان کانیهای ثانویه، کم‌ویش حضور دارند.

متاریولیت‌ها: این سنگها به صورت روانه‌های اسیدی در تناوب با واحدهای فلسیک‌شیستی دیده شده و فرایندهای دگرگونی و دگرشکلی را همراه با دیگر نهشته‌ها متحمل شده‌اند. کوارتز، میکا، پلاژیوکلاز و فلدسپار پتاسیم از کانیهای اصلی آنها به شمار می‌روند. زیرکن و آپاتیت از کانیهای فرعی و هیدروکسیدهای آهن، پیریت، لوکوکسن و فرآورده‌های ثانویه ناشی از دگرسانی کانیها، نیز از دیگر سازنده‌های این سنگها هستند.

ریولیت میلوئیتی: این واحد در خاور دره کال شور و درون پهنه برشی شکل‌پذیر قرار دارد. به دلیل کرنش بسیار بالای پهنه برشی، ساخت گنیسی نشان داده و به یک میلوئیت تبدیل شده است (شکل ۴). کناره‌های آن توسط گسلهایی هم‌روند با امتداد توده (N80W/NE)، محدود می‌شود. از نظر ترکیب کانی‌شناسی از پورفیروکلاستهای فلدسپار قلیایی، کوارتز، پلاژیوکلاز سدیم، بیوتیت و مسکوویت تشکیل شده‌اند.

متابازیت‌ها: این دسته از سنگها، اساساً به صورت سیل و دایک بازی (متادیوریت و متاگابرو) در مجموعه‌های دگرگونی منطقه جایگزین شده و در حاشیه خود هاله‌های گرمایی به ضخامت چند ده سانتی‌متر ایجاد نموده‌اند. بخشی از این سنگها، دگرگونی در حد رخساره مرز شیست‌سبز به آمفیبولیت یا رخساره بالای شیست‌سبز را متحمل شده‌اند. مجموعه کانی‌شناختی آنها شامل پیروکسن، آمفیبول، پلاژیوکلاز، بیوتیت، کانیهای کدر، کوارتز، اپیدوت، زوئیسیت، کلینوزوئیسیت، کلریت، کلسیت و سریسیت است. این سنگها که در حین زمین‌ساخت کششی جایگزین شده‌اند، اگرچه با کانه‌زایی طلا ارتباطی ندارند، اما جایگزینی آنها در طول

برگوارگی، دسته رگه های عمود بر برگوارگی و دسته رگه های بدون جهت یافتگی خاص قابل تفکیک می باشند. دو نوع اول توسط کانیهای اپیدوت، کلریت، لوکوکسن، اکسیدهای آهن، کوارتز (نهان بلورین) و سولفید پر شده اند، در حالی که نوع سوم عمدتاً توسط اپیدوت و گاه اپیدوت+کوارتز پر شده اند.

درجه دگرشکلی در یک پهنه برشی خاص، از حاشیه ها به طرف مرکز پهنه برشی افزایش شدیدی نشان می دهد (Sibson & Scott, 1998; Zhou & Wang, 1999). هرچند در پهنه برشی چاه باغ این حالت به وضوح دیده نمی شود، اما شدت دگرشکلی کم و بیش از خارج پهنه به سمت داخل، در راستای عمود بر پهنه برشی افزایش می یابد. وجود دو نوع دانه بندی پورفیروکلاست و زمینه ریزبلور، از مشخصه واحدهای دگرشکل شده منطقه در مقیاس میکروسکوپی است که بیان کننده دگرشکلی متفاوت در سراسر پهنه برشی است. در واقع هر چه تفاوت اندازه بین پورفیروکلاستها و زمینه کمتر شود، به طرف واحدهای به شدت دگرشکل شده نزدیک تر می شویم. بر همین اساس، انواع دگرشکلی واحدهای سنگی موجود در پهنه برشی چاه باغ را می توان به صورت پروتومیلونیت، میلونیت و اولترامیلونیت از هم تفکیک کرد:

پروتومیلونیت: این نوع میلونیتها در بخشهای بیرونی پهنه برشی چاه باغ قرار گرفته و گسترش نسبتاً زیادی در خارج از پهنه دگرسانی دارند. پهنه پروتومیلونیتی از پروتولیت های کمتر دگرشکل شده تشکیل شده (Zhou & Wang, 1999) و به علت این که کمتر تحت تأثیر دگرشکلی واقع شده اند، دانه بندی درشت تری داشته و کمتر خردشدگی نشان می دهند. از ویژگیهای این نوع میلونیتها که در ریولیت میلونیتی شمال دره چاه باغ مشاهده می شوند، وجود برگوارگی ضعیف و غیرپیوسته در رخنمونهای سنگی بوده و برگوارگی شاخص میلونیتی در آنها دیده نمی شود. کوارتز، فلدسپار و میکا از کانیهای اصلی تشکیل دهنده این سنگها بوده و کانیهای کدر (بیشتر سولفیدها) به ندرت حضور دارند.

میلونیت: پهنه میلونیتی به وسیله سنگهای به شدت دگرشکل شده با ویژگی برگوارگی و رخ گسترده جدید، مشخص می شود (Zhou & Wang, 1999). این واحد که بیشترین گسترش را در پهنه برشی از خود نشان می دهد با توسعه برگوارگی میلونیتی پیوسته در مقیاسهای مختلف مشخص می شود (شکل ۸). این امر سبب سهولت تشخیص آنها از واحدهای پروتومیلونیتی کمتر دگرشکل شده می گردد. به دلیل تحمل شدت دگرشکلی بیشتر نسبت به واحد پروتومیلونیتی، تفاوت اندازه بین پورفیروکلاستها و زمینه به مراتب کمتر است. پورفیروکلاستها بیشتر شامل بلورهای فلدسپار و کمتر دانه های کوارتز است. بافت ساروجی در این سنگها نسبت به پروتومیلونیتها توسعه بیشتری دارد. کانیهای اصلی تشکیل

مهم ترین روند ساختاری موجود در منطقه بوده و موازی با پهنه برشی و دگرشکلی شکل پذیر، پهنه های دگرسانی و کانه زایی، سطوح محوری چینها و رگه های معدنی طلا دار بخش شکنای منطقه می باشد. ب) روند خاوری- باختری که با گسلهای معکوس از نوع راستگرد مشخص شده و محدودکننده توده نفوذی گرانیتی منطقه و همچنین سیلها و دایکهای موجود در منطقه است. ج) روند شمال خاوری- جنوب باختری که با گسل معکوس مشخص شده و مهم ترین نقش را در تکوین ساختاری و شکل گیری بروزدهای منطقه ایفا می کند.

۳-۱- پهنه برشی شکل پذیر چاه باغ

پهنه برشی شکل پذیر چاه باغ به درازای ۳ و پهنای ۲ کیلومتر، از دره چاه باغ شروع و تا جنوب باختر گرانتیت چشمه دستار (شمال باختر مونه)، امتداد می یابد (شکل ۵). این پهنه برشی از نوع معکوس با مؤلفه راستگرد بوده (صدیق، ۱۳۷۸) و روند ساختاری WNW (۲۹۰°-۲۸۰°) دارد. شدت دگرشکلی در این پهنه به حدی است که کانیهای تیره و روشن از همدیگر جدا شده و حالت نواری یافته اند (شکل ۴). این حالت نواری، ظاهری گنیس مانند به سنگها داده است. ولی برداشتهای صحرایی حاکی از تغییرات ساخت یا فابریک سنگ است که تحت تأثیر دگرشکلی یاد شده حاصل گشته و تغییری در ترکیب سنگ مشاهده نمی گردد. با توجه به کانیهای موجود که شامل کوارتز، فلدسپار و میکا است، رخساره دگرگونی در حد شیست سبز و دگرشکلی آن شدید و به صورت فابریک میلونیتی می باشد. در این پهنه برشی، همه سنگهای موجود، تحت تأثیر دگرشکلی برشی قرار گرفته و برگوارگی میلونیتی بسیار فراگیر و خطواره کششی در آنها گسترش یافته است. روند برگوارگی میلونیتی، همان روند برگوارگی مرحله دوم دگرشکلی منطقه است که راستای ۳۰۵°-۲۹۵° N را نشان می دهد و شیب زیادی (۸۰°-۶۰°) به سوی شمال خاوری و گاهی به صورت تقریباً قائم، شیب خیلی زیاد به سوی جنوب باختری دارد.

آثار و شواهد پهنه انتقالی شکل پذیر- شکنا در پهنه برشی چاه باغ توسط ساختارهای دوپلکس، شکستگیهای برشی کششی و دسته رگه های برشی کششی مشخص می شود. ساختار دوپلکس تجمعی از قطعات جدا شده توسط گسل در حین گسلش بوده (Twiss & Moores, 1992) و در نمونه های منطقه نماینده حرکت برشی از نوع راندگی است (شکل ۶). شکستگیهای برشی کششی در واحدهای منطقه شکل S داشته و حرکت چپگرد را مشخص می کنند (شکل ۷). دسته رگه های برشی کششی در سنگهای واقع در بخشهای درونی پهنه برشی با دگرشکلی شکل پذیر شدید در حد اولترامیلونیت، دیده می شود. این دسته رگه ها بر اساس ژئومتری و ارتباط مکانی نسبت به یکدیگر، به سه نوع دسته رگه های موازی با

به شکل ماهی دیده می شود. این ساختار در واحدهای سنگی موجود در پهنه برشی چاه باغ نماینده حرکت برشی راستگرد است. پورفیروکلاستهای نوع سیگمای مشاهده شده در واحدهای سنگی منطقه، هسته ای از جنس ارتوکلاز و گاه کوارتز و پیریت در مقیاس رخنمون و میکروسکوپ با دنباله هایی از جنس خود پورفیر و یا زمینه بوده و نمایانگر حرکت برشی راستگرد هستند (شکل ۱۱). چینهای Z شکل، چینهای بسته با زاویه بین یالی کم تا متوسط بوده و در سنگهای واقع در بخشهای داخلی پهنه برشی چاه باغ، نشان دهنده راستای برشی راستگرد است.

۳-۳- دگرشکلی شکنا

دگرشکلی شکنا آخرین مرحله دگرشکلی موجود در منطقه بوده و سبب شکل گیری برونزدها به صورت کنونی شده است. این دگرشکلی شامل گسلهای معکوس، مورب لغز، عادی و درزه ها می باشد که از این بین، گسلهای عادی با روند عمومی شمال باختری - جنوب خاوری و شیب مایل به سوی شمال خاوری با کانه زایی همراه است. گسل اصلی چاه باغ که پهنه سیلیسی - سولفیدی کانه دار در امتداد آن جایگزین شده است، روند N35W دارد.

۴-۴- دگرسانی

دگرسانی گرمایی عامل اصلی در ته نشین شدن اغلب کانه ها بوده و از نظر زمانی و مکانی ارتباط نزدیکی با کانه سازی دارد (Lobato et al, 1998). بررسیهای انجام شده در محدوده کانسار چاه باغ نشان می دهد که دگرسانیهای موجود در منطقه، در پهنه های دگرشکل شده و در مجموعه سنگهای آتشفشانی - رسوبی دگرگونی و کاملاً دگرشکل شده رخ داده است. شدت و نوع دگرسانی یکسان نبوده و دگرسانی در واحدهای سنگی مختلف، متفاوت است. از مهم ترین دگرسانیها می توان به دگرسانی سربستی، کائولینیتی، اپیدوتی، تورمالینی، سیلیسی و سولفیدی اشاره کرد.

۴-۱- دگرسانی تورمالینی

این دگرسانی در منطقه چاه باغ گسترش کمی دارد و تنها در گرانتی میلونیتی دیده می شود. این دگرسانی به صورت رگه های کوارتز - تورمالینی غنی از پیریت اکسیده به ضخامت ۳۰ سانتی متر و در داخل بخشهای سیلیسی شده به ضخامت تا ۰/۵ متر رخ داده است. در مقطع نازک، رگه ها به طور وسیع از کوارتز بی شکل (تا ۲ میلی متر)، کانیه های تورمالین آبی و سبز تا قهوه ای رنگ نیمه خود شکل تا خود شکل (۴ میلی متر) و پیریت های شکل دار تا نیمه شکل دار سالم و اکسیده (۲ تا ۵ میلی متر) تشکیل شده اند.

۴-۲- دگرسانی کائولینیتی

این دگرسانی در کانسار چاه باغ، در مناطقی که سنگهای فلیسک شستی و متاریولیتی گسترش دارند، از دگرسانی فلدسپار پتاسیم حاصل شده است. این دگرسانی بیشتر در امتداد شکستگیها و گسلهای موجود دیده می شود.

دهنده واحدهای میلونیتی منطقه شامل کوارتز، فلدسپار، میکا (بیشتر بیوتیت قهوه ای) و کانیه های کدر (سولفید) است که کاملاً جهت یافته هستند. حضور بیوتیت قهوه ای هم روند با برگواری و پدیده های سایه و آنتشی پورفیروکلاستهای فلدسپار، نشان دهنده رخداد میلونیتی در حد رخساره بالایی شست سبز (زیر رخساره بیوتیت) می باشد (Mather, 1970; Goujou et al, 1988).

اولترامیلونیت: این سنگها که در مرکز پهنه برشی شکل پذیر یا نزدیک آن واقع می شوند (Zhou & Wang, 1999)، تحت تأثیر بیشترین شدت دگرشکلی واقع شده اند، به طوری که بافت اولیه سنگ کاملاً از بین رفته، دانه های پورفیروکلاست موجود در آن کاملاً ریز شده و تفاوت اندازه بین پورفیروکلاست و زمینه به حداقل ممکن رسیده است. برگواری میلونیتی در این واحدها به خوبی شکل گرفته است. این واحدها از نظر بافتی بسیار شبیه به میلونیتها می باشند، با این تفاوت که در آنها ریزشدهای پورفیروکلاستها و تبلور دوباره یا به عبارتی دیگر، بلوغ بافتی به دلیل شدت دگرشکلی، بیشتر گسترش یافته و دانه های اصلی تخت تر و درازتر شده اند (شکل ۹). ریز شدن دانه ها و تشکیل برگواری میلونیتی، چین خوردن برگواری و تشکیل نوارهای شکنجی S شکل که از نشانه های دگرشکلی در شرایط شکل پذیر است، در واحدهای سنگی اولترامیلونیتی منطقه به خوبی توسعه یافته اند (شکل ۱۰). توسعه ریزدانه ها، مشخصه واحدهای اولترامیلونیتی است. این امر نشان دهنده کاهش شدید در اندازه دانه بلور - پلاستیک، هم زمان با زمین ساخت بوده و معمولاً با اندکی تبلور دوباره و بازیافت بلوری همراهی می شود (Worku, 1996). ریزدانه های فوق دارای خاموشی موحی هستند که این حالت نشان دهنده تکرار دگرشکلی است (Zhou & Wang, 1999).

۳-۲- فابریکهای تعیین کننده سوی برش

بر اساس مطالعات انجام شده، فابریکهای تعیین کننده سوی برش در پهنه برشی چاه باغ شامل فابریکهای C/S و C، ساختار میکاماهی، پورفیروکلاستهای پوششی نوع سیگما (σ) و چینهای برشی Z شکل می باشد. فابریکهای S به صورت دانه های کوارتز و فلدسپاتی در سنگها توسعه یافته اند. فابریکهای C شامل یک سری صفحات نزدیک به هم است که به موازات دیواره پهنه برشی قرار گرفته و تقریباً موازی برگواری هستند. در بخشهای بیرونی پهنه برشی چاه باغ، این فابریکها با زاویه ای نزدیک به ۴۵ درجه نسبت به هم قرار گرفته اند، اما در بخشهای داخلی به دلیل شدت بالای دگرشکلی، تقریباً به موازات هم دیده شده و به همراه آنها فابریکهای C' ظاهر می شود. فابریکهای C/S و C' موجود در پهنه برشی چاه باغ نماینده حرکت برشی راستگرد می باشند. ساختار میکاماهی، در واقع بلورهای منفرد میکایی لوزی شکل و یا تجمعی از بلورهای میکایی است که

۳-۴- دگرسانی سریستی

این دگرسانی در بیشتر سنگهای منطقه دیده شده، رنگ خاکستری روشن داشته و از گسترش زیادی در سنگهای دگرگون شده برخوردار است. سریست به صورت ورقه های کوچک (۵۰-۵ میکرون) در زمینه، بسیار فراوان بوده و اغلب در جهت برگوارگی کشیدگی نشان می دهند.

۴-۴- دگرسانی اپیدوتی

دگرسانی اپیدوتی شدت زیادی در منطقه داشته و تقریباً در تمام واحدهای سنگی منطقه دیده می شود. این دگرسانی به صورت پراکنده و یا پرکننده رگه های موجود، به همراه دیگر کانیها مانند کوارتز، آلیت و سریست دیده می شود. اپیدوتی شدن، همچنین به صورت جانشینی دروغین در قالب بلورهای پیریت دیده شده و گاه آثار پیریت باقیمانده در آنها قابل مشاهده است.

۵-۴- دگرسانی سیلیسی

دگرسانی سیلیسی در بخشهای داخلی پهنه های برشی بیشترین شدت را دارد. در مقیاس رخنمون، این دگرسانی به صورت بخشهای سخت و برجسته و با ریخت خشن، با ضخامت ۰/۵ تا چند متر به رنگ سرخ و زرد (رنگ اکسیدهای آهن) دیده می شود. این دگرسانی در بخش شکل پذیر، هم روند با راستای پهنه برشی (یا صفحات برش) و در بخش شکنا به صورت رگه هایی در راستای عمود بر برگوارگی واحدهای سنگی منطقه است که دلالت بر تشکیل آنها در طی فرآیندهای دگرشکلی حاصل از پهنه های برشی است. در بخش شکل پذیر، دگرسانی سیلیسی به صورت لامینه ها و نوارهای با ضخامت متفاوت (میلی متر تا سانتی متر) و همچنین رگه های کنترل شده توسط ترکها و نوارهای مترآکم (Zhang et al., 2003) و بخشهای سیلیسی شده نامنظم کنترل شده توسط برگوارگی و رخ دگرشکلی در راستای هم روند با برگواره میلوئیتی (Ferkous & Leblanc, 1995) مشاهده می شود که نشانه تشکیل هم زمان آن با برگواره میلوئیتی غالب در منطقه است (شکل ۱۲). بخش دیگری از دگرسانی سیلیسی در منطقه، به صورت سیلیسی شدن بخشهایی از سنگ دیواره است. این نوع دگرسانی یا به صورت جانشینی سنگ دیواره توسط سیلیس به همراه سولفید می باشد که در اثر اکسید شدن سولفید به رنگ سرخ و زرد دیده می شود و یا این که در اثر پرشدگی درزه ها و شکستگیهایی است که روند خاصی نداشته و به سنگ بافت شبکه ای داده است (Zhang et al., 2003).

۶-۴- دگرسانی سولفیدی

دگرسانی سولفیدی از شدت و پراکندگی یکسانی در سراسر پهنه دگرسانی برخوردار نبوده و به طور معمول به مناطق کانه زایی محدود است (Lobato et al., 1998). به طور کلی گسترش این دگرسانی به سمت بخشهای داخلی پهنه های دگرشکلی افزایش می یابد، به طوری که بیشترین

شدت آن در واحدهای به شدت دگرشکل شده میلوئیتی و اولترامیلوئیتی واقع است. این دگرسانی عموماً با دگرسانی سیلیسی همراه است. این نوع از دگرسانی با رنگ زرد و سرخ حاصل از هوازگی سولفیدها به هیدروکسیدهای آهن (لیمونیت، هماتیت و گوتیت) به راحتی در صحرا قابل تشخیص است. مهم ترین محصولات این دگرسانی شامل پیریت، کلکوپیریت و آرسنوپیریت می باشد. پیریت عمده ترین کانی سولفیدی بوده و دیگر سولفیدها در پهنه های دگرسانی آن را همراهی می کنند. این کانیها به صورت دانه پراکنده و به ندرت جهت یافته در سنگهای میزبان دگرشکل مشاهده می شوند.

۵- ارتباط دگرسانی و دگرشکلی

شدت و گسترش دگرسانی گرمایی وابسته به دسترسی سیالات گرمایی به سنگهای دیواره است که خود به طور عمده توسط دگرشکلی کنترل می شود (Zhou & Wang, 1999). بررسیهای صحرائی و میکروسکوپی انجام شده در پهنه های برشی شکل پذیر چاه باغ، نشان دهنده ارتباط مکانی و زمانی دگرسانی گرمایی با دگرشکلی می باشد (کوهستانی و همکاران، ۱۳۸۳a). از نظر مکانی، این ارتباط توسط انطباق پهنه بندی دگرسانی و دگرشکلی به خوبی نمایان می شود. بدین صورت که بیشترین شدت دگرسانی سیلیسی و سولفیدی محدود به بخشهای داخلی پهنه های برشی که متحمل دگرشکلی در حد میلوئیت و اولترامیلوئیت شده اند، می گردد. اما دگرسانیهای سریستی، کاتولینیتی و اپیدوتی که تنها با تهی شدگی ضعیف شیمیایی سنگ دیواره مشخص می شوند، در پهنه های پروتومیلوئیتی رخ داده اند. از نظر زمانی نیز بین دگرسانی گرمایی و دگرشکلی ارتباط وجود دارد. بدین صورت که فضاهای خالی که در طی دگرشکلی شکل پذیر و فرایند میلوئیتی شدن به وجود آمده و کاملاً هم روند با برگوارگی است (دسته رگه های برشی کششی نوع اول) و همچنین ریزشکستگیهای موجود در پورفیر و کلاستها در حین جریان کاتاکلاستیکی بلورها، هر دو توسط کوارتزها و پیریتها مرحله گرمایی به طور هم زمان پر شده اند. این امر مبین دگرسانی هم زمان با دگرشکلی تعبیر می شود (Zhou & Wang, 1999). از طرف دیگر دگرشکلی کوارتز گرمایی اولیه (نسل دوم) و دانه های پیریت نسل اول که در پاسخ به دگرشکلیهای مرحله بعدی رخ می دهد، نشان دهنده تأثیر فازهای مختلف دگرشکلی بر کانیهای تشکیل شده در مراحل مختلف دگرسانی گرمایی بوده و مبین همبستگی زمانی دگرسانی و دگرشکلی است.

با توجه به این مطالب، می توان گفت که در منطقه چاه باغ، فعالیت دگرسانی کاملاً در کنترل دگرشکلی بوده و کانیهای ایجاد شده توسط سیالهای

برداشت شده از بخشهای سیلیسی شده، میزان طلا را تا $13/2$ گرم در تن نشان می دهد که بیانگر ارتباط قوی بین عبارهای بالای طلا با واحدهای میلونیتی و اولترامیلونیتی به شدت دگرسان شده (سیلیسی و سولفیدی) است. ضخامت بخشهای سیلیسی شده سولفیددار از چندین سانتی متر تا حدود ۲ متر متغیر است.

گرانیت میلونیتی خاور دره کال شور، واحد دیگری از این پهنه را تشکیل می دهد که دارای چندین پهنه دگرسانی با راستای $N65W$ ، رنگ ظاهری سرخ تا قهوه ای و زرد با طول تا چند صد متر و چند ده متر ضخامت، است. دگرسانیهای موجود در این واحد شامل سیلیسی، پیریتی، آرزلیتی، سرسیتی و گاه تورمالینی است. در این پهنه های دگرسانی، بخشهای سیلیسی شده به ضخامت تا $0/5$ متر و رگه های کوارتز- تورمالینی غنی از پیریت اکسیده، با ضخامت حدود ۳۰ سانتی متر دیده می شود. تجزیه نمونه های برداشت شده از این بخشهای سیلیسی و رگه های کوارتز- تورمالینی، بی هنجاریهایی از طلا تا $0/1$ گرم در تن را مشخص کرده است. کانی سولفیدی اصلی این پهنه پیریت است که اندکی کلکوپیریت آن را همراهی می کند.

ب- کانه زایی تپ شکنا: کانه زایی تپ شکنا در کانسار چاه باغ همانند دیگر کانسارها و معادن طلای مونه، در امتداد گسلهای عادی با روند $N40W$ و شیب مایل به سمت شمال خاوری رخ داده است. این تپ کانه زایی که در بخش باختری منطقه دیده می شود، شامل پهنه های سیلیسی سولفیددار است که لایه های مجاور خود را قطع کرده اند. واحدهای فلیسیک شستی و متاریولتی میزان پهنه ها تا حد پروتومیلونیت- میلونیت دگرشکل شده و دگرسانیهای سرسیتی، اپیدوتی و کائولینیتی در آنها گسترش زیادی دارند. دگرسانی سیلیسی و سولفیدی در بخشهای داخلی پهنه های برشی شدت زیادی داشته و به پهنه های کانه دار محدود می گردد. پهنه های سیلیسی سولفیددار، بافت برشی داشته و نتایج تجزیه نمونه های برداشت شده از آنها مقدار طلا را تا $1/82$ گرم در تن مشخص کرده است که نشان دهنده ارتباط نزدیک کانه زایی با بخشهای داخلی پهنه های برشی و دگرسانی شدید سیلیسی و سولفیدی است. پهنه اصلی سیلیسی- سولفیدی طلا دار چاه باغ ۳-۵ متر ضخامت و راستای عمومی $N35W$ داشته و کانی سولفیدی اصلی آن پیریت است که با مقداری آرسنوپیریت، کلکوپیریت و محصولات هوازده آنها همراهی می شود. این پهنه های کانه دار، بر گوارگی مربوط به زمان دگرشکلی را قطع کرده و به زمان پس از دگرشکلی شکل پذیر مربوط می باشند (شکل ۱۵).

در مقیاس ناحیه ای، محیط تشکیل توالیهای آتشفشانی- رسوبی منطقه (کمپلکس شست سبز)، یک محیط کافت درون قاره ای نافرجم از نوع اولاکوژن (پالئوزوییک، پیش از دونین) است (رشیدنژاد عمران، ۱۳۸۱).

گرمایی، توسط دگرشکلی و شدت آن کنترل می شوند، یعنی ارتباط مثبتی بین دگرسانی و دگرشکلی وجود دارد.

۶- کانه زایی

کانه زایی طلا در کانسار چاه باغ با توجه به بررسیهای صحرائی و آزمایشگاهی و موقعیت زمین شناختی و ساختاری به دو تیپ قابل تفکیک می باشد (شکل ۱۳):

الف- کانه زایی تیپ شکل پذیر: این تیپ که بیشترین تمرکز کانه زایی طلا در منطقه چاه باغ را شامل می شود، در پهنه ای به درازای یک کیلومتر و پهنای متوسط تا ۶۰ متر، در امتداد $N40-50E$ ، با ژئومتری عدسی شکل و شیبی به سمت شمال باختری ($N60-80W$) رخ داده است. سنگهای درونگیر ماده معدنی شامل تناوبی از فلیسیک شستیها و متاریولتیهای دگرسان شده است که به شدت دگرشکل شده اند. این واحدها به صورت متناوب با واحدهای شست سبز (کمربین و کمربالا با عیار در حد کلارک، $\leq 10ppb$) قرار گرفته اند. بخش اصلی اکتشافات انجام شده در این بخش به صورت ترانشه و تونلهای کوچک و بزرگ در راستای هم روند و یا عمود بر بر گوارگی (جهت بررسی کانه زایی هم روند با بر گوارگی) است که در واحدهای فلیسیک شستی و متاریولتی دگرشکل و دگرسان شده حفر شده اند (شکل ۱۴).

بخشی از این پهنه بیشتر شامل توفهای ریولیتی با میان لایه هایی از گدازه ریولیتی دگرگون و دگرشکل است که تحت تأثیر دگرسانی آرزلیتی، سیلیسی و سولفیدی قرار گرفته و حضور هیدروکسیدهای آهن ناشی از اکسید شدن سولفیدها (عمدتاً پیریت)، موجب رنگ سرخ، قهوه ای و زرد آن شده است. گاهی شدت دگرسانیهای فوق به حدی است که به سنگها ظاهری نرم و خاک مانند داده است. از نظر دگرشکلی، این واحدها تا حد میلونیت دگرشکل شده اند. نتایج تجزیه نمونه های برداشت شده از ترانشه های حفر شده بر روی این بخش نشان می دهد که عبارهای بالای طلا ($1/48$ گرم در تن) به بخشهای به شدت دگرشکل با دگرسانی سیلیسی و سولفیدی محدود است. بخش اصلی این پهنه در بردارنده گدازه های متاریولتی با میان لایه هایی از توف ریولیتی دگرگون و دگرشکل است که ظاهری خشن به مجموعه داده است. تغییرات مشاهده شده در این واحد نسبت به واحد فلیسیک شستی از نظر دگرشکلی و دگرسانی بیشتر است. دگرسانی سیلیسی و سولفیدی که بی هنجاریهای اصلی طلا را شامل می شوند، به این بخش تعلق دارند. واحدهای سیلیسی شده دارای فابریک میلونیتی و اولترامیلونیتی با ژئومتری عدسی شکل و هم روند با بر گوارگی غالب منطقه، به این بخش از پهنه برشی محدود شده و فابریک میلونیتی در مقیاسهای مختلف در آنها به خوبی مشاهده می شود. نتایج تجزیه نمونه های

استونیت، جیسموندین، ایلیت و مونتوریلونیت) دیگر کانیهای سنگ ساز را در کانسار چاه باغ تشکیل می دهند. در این بین فلدسپارها حجم بیشتری داشته و پس از کوارتز فراوان ترین کانی سنگ ساز به شمار می آیند. مطالعات میکروسکوپی نمونه های دگرسان شده نشان دهنده سه نوع کوارتز است که به ترتیب شامل کوارتزهای پیش از دگرشکلی، کوارتز مرحله اول گرمایی و کوارتز گرمایی همراه با سولفید (مرحله تأخیری) هستند. کوارتزهای پیش از تغییر شکل، حاصل دگرسانی نبوده و در سنگهای دگرسان شده به صورت پورفیروکلاست دیده می شوند. این کوارتزها که ابعادشان تا ۲ میلی متر نیز می رسد، در زیر میکروسکوپ ظاهری کثیف از خود نشان داده و تبلور دوباره یافته اند (شکل ۱۷). بافت ساروجی در پورفیروکلاستا به خوبی دیده می شود (شکل ۱۸). کوارتز مرحله اول گرمایی ابعاد ۰/۱۵ تا ۰/۲۵ میلی متر، ظاهری روشن و شفاف داشته و در رگچه ها و مجموعه دانه ای به هم پیوسته دیده می شوند (شکل ۱۷). بافت دگرشکلی در آنها نیز کم و بیش دیده می شود ولی به خوبی کوارتزهای پیش از دگرشکلی توسعه نیافته است. معمولاً این کوارتزها توسط رگچه ها و شکستگی های سولفیددار تأخیری قطع می شوند که دلیلی بر تشکیل این دسته از کوارتزها پیش از کوارتزهای مرحله تأخیری گرمایی می باشد. این نسل از کوارتزها، در مرحله اول دگرشکلی برشی شکل پذیر تشکیل شده و معمولاً پیش در آمد مرحله اصلی کانه زایی طلا نیز می باشند (Zhou & Wang, 1999). تشکیل این کوارتزها تحت شرایط تبلور دوباره دینامیکی، از طریق مهاجرت مرز دانه و چرخش ریزدانه ها می باشد (Kolb et al., 2003). کوارتزهای گرمایی همراه با سولفید (مرحله تأخیری) به صورت ریزبلور با ابعاد کمتر از ۲۰۰ میکرون و همراه با سولفیدها دیده می شوند. این نسل از کوارتز در مراحل نهایی فعالیت گرمایی تشکیل شده و در اطراف کوارتزهای پیش از دگرشکلی و کوارتزهای مرحله اول گرمایی و درون ریزشکستگیهای آنها قرار دارند (شکل ۱۷).

۸-۲- کانه های سولفیدی

پیریت، آرسنوپیریت های مس دار، کلکوپیریت، کولیت و دیژنیت کانه های سولفیدی را در کانسار چاه باغ تشکیل می دهند. این کانیها به صورت دانه پراکنده و به ندرت جهت یافته در سنگهای میزبان دگرریخته مشاهده می شوند.

پیریت

این کانی در کانسار چاه باغ فراوان ترین کانه سولفیدی در پهنه های دگرسان شده کانه دار بوده و تقریباً بیش از ۹۰ درصد کانه های سولفیدی موجود را تشکیل می دهد. پیریت به صورت دانه های درشت شکل دار یا دانه های ریز بی شکل همراه با کوارتز و دیگر سولفیدها دیده شده و میزان آن به شدت به سمت مرکز پهنه های برشی افزایش می یابد. بر اساس

کانه زایی طلا در بدو امر، در مراحل تشکیل و توسعه این حوضه کافتی به عنوان یک پتانسیل اولیه (پیریت های طلا دار) و به صورت چینه سان-چینه کران، دانه پراکنده و عدسی های کشیده از نوع آتشفشانی-بروندی تشکیل شده اند. کانسار چاه باغ در پهنه برشی شکل پذیر واقع شده و کانه زایی اولیه مورد رونقش قرار گرفته است، به طوری که کانه زایی طلا را می توان نتیجه عملکرد دگرسانی در نظر گرفت. با این وجود، چون سرگذشت این کانسار نمی تواند جدا از سرگذشت دیگر کانسارهای منطقه مونه باشد، بنابراین این منشأ را نیز می توان برای کانسار چاه باغ در نظر گرفت.

۷- ارتباط کانه زایی با دگرشکلی و دگرسانی

رابطه بین کانه زایی طلا، دگرشکلی و دگرسانی برای کمربندهای کوهزایی میزبان طلای کوهزایی پذیرفته شده است. بر اساس مطالعات انجام شده، بین تغییرات عیار طلا، دگرشکلی و دگرسانی ارتباط نزدیکی وجود دارد. کانه زایی طلا در کانسار چاه باغ به پهنه های برشی شکل پذیر و شکنا محدود است (کوهستانی و همکاران، ۱۳۸۲). بیشترین تمرکز طلا (تا ۱۳/۲ گرم در تن) در پهنه برشی شکل پذیر، هم روند و هم خوان با برگواری میلونیته و راستای برش و در بخش شکنا در امتداد گسل های کششی عادی با روند N40W (تا ۱/۸۲ گرم در تن) است. این امر بیانگر ارتباط مکانی و زمانی کانه زایی با دگرشکلی است. همچنین نوع دگرسانی و کانه زایی همراه آن، خود توسط دگرشکلی و ویژگی های سیال در طی فرایندهای کوهزایی کنترل می شود (Kerrich & Wyman, 1990). این ارتباط که برای بیشتر کانسارهای طلای کوهزایی گزارش شده، با عیارهای بالای طلا در بخشهای سیلیسی و سولفیدی پهنه های برشی کانسار چاه باغ مطابقت دارد. این مطالب همگی بیانگر انطباق شدت دگرسانی و دگرشکلی با بخش های عیاردار طلا در کانسار چاه باغ بوده و با عیارهای گرفته شده مطابقت دارد (شکل ۱۶).

۸-۱- کانی شناسی و توالی پاراژنتیکی کانه ها

مطالعات میکروسکوپی و نتایج تجزیه دستگاهی نمونه های کانه دار پهنه های برشی کانسار چاه باغ، نشان دهنده کانی شناسی ساده این کانسار است. کانیها از نوع سولفیدی، اکسیدی و سیلیکاتی بوده و به صورت اولیه (هیپوزن) و یا ثانویه (سوپرزن) تشکیل شده اند. پاراژنت کانیها در پهنه های دگرسان شده کانه دار به صورت زیر است:

۸-۱-۱- کانیها

کوارتز مهم ترین کانی سنگ ساز کانسار طلای چاه باغ را تشکیل می دهد. فلدسپار (پلاژیوکلاز، فلدسپار قلیایی)، سیلیکات های کلسیم (ولاستونیت، لارنیت)، کانیهای میکایی (بیوتیت، مسکوویت و سریسیت)، اسفن، اپیدوت، زیرکن، کلینوکلر و کانیهای رسی (کائولینیت، هالوژیت، آلونیت،

پیریت‌های نسل اول مشاهده شده و با آنها هم‌رشدی نشان می‌دهد (شکل ۲۲).

ب) نسل دوم کلکوپیریت به صورت بلورهای بی‌شکل و دانه‌پراکنده در اندازه‌های تا ۱۵۰ میکرون و همچنین میانبراهای ریز در داخل بلورهای آرسنوپیریت دیده می‌شود.

کولیت و دیژنیت

کولیت و دیژنیت حاصل دگرسانی کانیهای آرسنوپیریت مس‌دار و کلکوپیریت بوده و در طول حاشیه‌ها و شکستگیهای آنها جانشین شده‌اند.

۸-۳-۳- نقره

تجزیه الکترون میکروپروب و میکروسکوپ الکترونی نمونه‌ها نشان‌دهنده حضور نقره در شبکه کانیهای سولفیدی و به شکل آزاد درون باطله سیلیسی است. بر اساس این مطالعات، نقره در تمامی فازهای سولفیدی موجود بوده و بیشترین میزان آن مربوط به کلکوپیریتها است، به طوری که کلکوپیریت‌های درشت‌بلور نسل اول تا ۰/۲ wt% و کلکوپیریت‌های ریزبلور نسل دوم تا ۰/۱۱ wt% نقره در شبکه خود دارند. همچنین این مطالعات حضور نقره به صورت دانه‌های آزاد تا ابعاد ۵ میکرون را درون باطله سیلیسی مشخص کرده است.

۸-۴- طلا

بر اساس مطالعات میکروسکوپی و تجزیه‌های میکروسکوپ الکترونی و الکترون میکروپروب طلا به صورت دانه‌های آزاد درون باطله سیلیسی و یا حاشیه سولفیدهای دگرسان شده مشاهده نشد. اما نتایج تجزیه ۳ عدد از این نمونه‌ها توسط دستگاه الکترون میکروپروب، بیانگر حضور طلا در شبکه کانیهای سولفیدی است. بر اساس این مطالعات، طلا با هر دو فاز پیریت و کلکوپیریت دیده می‌شود اما این نتایج برای آرسنوپیریت چندان قابل اعتماد نیست.

بر اساس این مطالعات، میزان طلا در پیریت‌های درشت‌بلور نسل اول تا ۰/۰۷ wt%؛ پیریت‌های ریزبلور نسل دوم تا ۰/۲۴ wt%؛ کلکوپیریت‌های درشت‌بلور نسل اول تا ۰/۲۱ wt% و کلکوپیریت‌های ریزبلور تا ۰/۴۶ wt% می‌رسد.

مقایسه آماری بین تعداد نقاط تجزیه شده نسبت به تعداد نقاطی که بیانگر حضور طلا هستند، نشان می‌دهد که پیریت‌های ریزبلور نسل دوم و همچنین کلکوپیریت‌های درشت‌بلور نسل اول، حمل‌کننده‌های اصلی طلا هستند. این بررسی با عیارهای طلا به دست آمده از واحدهای عیاردار انطباق خوبی نشان می‌دهد، به طوری که عیار طلای نمونه‌های غنی از پیریت‌های ریزبلور برابر ۹/۲ و ۱۳/۳ گرم در تن و نمونه‌های غنی از کلکوپیریت‌های درشت‌بلور نسل اول برابر ۷ گرم در تن به دست آمده است.

مطالعات انجام شده در مقیاس میکروسکوپی، بر مبنای روابط بافتی می‌توان پیریت‌های موجود در واحدهای دگرسان شده را به دو نسل تفکیک کرد:

الف) نسل اول پیریت به صورت بلورهای خودشکل و درشت‌دانه در اندازه‌های تا ۲ میلی‌متر دیده شده و اکثراً جهت‌یافته و دارای ظاهری لامینه‌مانند هستند (شکل ۱۹). این پیریت‌ها هم‌زمان با دگرشکلی و هم‌روند با برگوارگی میلونیتی تشکیل شده‌اند، به طوری که تحت تأثیر تنش، تغییرشکل از خود نشان داده و همراه با کانیهای دیگر سنگ در جهت عمود بر راستای بیشترین محور تنش، کشیدگی نشان می‌دهند (شکل ۲۰). شکستگی‌هایی که این بلورها و قطعات خرد شده مرتبط را قطع می‌کنند، توسط سولفیدهای نسل دوم و کوارتزهای همراه، سیمانی و پر شده‌اند. این وقایع نشان‌دهنده شکل‌گیری نسبتاً زودتر این نوع پیریتها (نسل اول) نسبت به پیریت‌های ریز (نسل دوم) اما بعد از کوارتزهای مرحله اول گرمایی (نسل دوم) می‌باشد.

ب) پیریت‌های نسل دوم به صورت پیریت‌های بی‌شکل تا نیمه‌خودشکل و ریزبلوری است که اندازه آنها به ندرت از ۱۰۰ میکرون تجاوز می‌کند. این پیریتها بیشتر به صورت دانه‌پراکنده در واحدهای دگرسان شده مشاهده شده و به ندرت جهت‌یافتگی ضعیفی به موازات برگوارگی از خود نشان می‌دهند.

آرسنوپیریت‌های مس‌دار

آرسنوپیریت بعد از پیریت فراوان‌ترین فاز سولفیدی در پهنه برشی شکنای کانسار چاه باغ بوده و به صورت دانه‌های درشت شکل‌دار (ارتورومیک)، نیمه‌شکل‌دار تا بی‌شکل همراه با پیریت و کوارتز مشاهده می‌شود. این کانیها به صورت بلورهای مجزا و یا مجموعه‌ای از چند بلور در کنار هم دیده می‌شوند. این کانیها در اثر دگرسانی، از حاشیه به کولیت و دیژنیت (به علت داشتن مس در شبکه) تبدیل شده‌اند (شکل ۲۱).

کلکوپیریت

کالکوپیریت به میزان پایین و همراه با کوارتز و دیگر فازهای سولفیدی مشاهده می‌شود. این کانی به صورت دانه‌های درشت و ریزبلور که از حاشیه به کولیت و دیژنیت دگرسان شده‌اند، مشاهده می‌شود و مقدار آن به سمت بخشهای درونی پهنه‌های برشی دگرسان شده بیشتر می‌شود. بر اساس روابط بافتی می‌توان کلکوپیریت‌های موجود در واحدهای دگرسان شده را به دو نسل تفکیک کرد:

الف) کلکوپیریت‌های نسل اول به صورت بلورهای درشت بی‌شکل تا نیمه‌خودشکل و اندازه تا ۵ میلی‌متر دیده می‌شوند. این نسل همراه با

۸-۵- کانه‌های اکسیدی و کربناتی

کانه‌های اکسیدی شامل هیدروکسیدهای آهن (هماتیت، گوتیت، لمونیت، لپیدوکروسیت و ژاروسیت) و کانه‌های کربناتی شامل آزوریت و مالاکیت بوده که حاصل تأثیر فرایندهای هوازدگی و سوپرژن بر روی کانه‌های سولفیدی پیریت و کلکوپیریت می‌باشند.

۸-۶- توالی پاراژنزی

بر اساس مطالعات انجام‌شده در مقیاس صحرایی، نمونه دستی، میکروسکوپی و همچنین نتایج تجزیه‌های الکترون میکروپروب و میکروسکوپ الکترونی، توالی پاراژنتیک کانیها و کانه‌های کانسار طلای چاه‌باغ با توجه به ارتباط دگرشکلی، دگرسانی و کانه‌زایی رسم شد که در شکل ۲۳ آورده شده است.

۹- ژئوشیمی

به منظور آگاهی از فراوانی، چگونگی توزیع و رفتار ژئوشیمیایی طلا و دیگر عناصر همراه در رخنمونهای سنگی منطقه، بخشهای کانه‌دار و دگرسانی همراه و نیز شناسایی عوامل کنترل‌کننده ساختاری و سنگ شناختی در تمرکز طلا و دیگر عناصر همراه، همچنین پراکندگی و رفتار عناصر خاکی کمیاب (REE) در محدوده کانسار چاه‌باغ، اقدام به نمونه‌گیریهای لیتوژئوشیمیایی و معدنی شد. نتایج بررسیهای انجام‌شده به شرح زیر است:

۹-۱- ژئوشیمی عناصر اصلی و کمیاب

بررسیهای انجام‌شده در راستای مقاطع لیتوژئوشیمیایی عمود بر روند پهنه‌های کانه‌دار نشان‌دهنده تغییرات ژئوشیمیایی عناصر اصلی و فرعی در واحدهای سنگی میزبان و دربرگیرنده پهنه‌های کانه‌دار با شدت دگرشکلی و نوع دگرسانی متفاوت، می‌باشد. بر اساس این مطالعات، در بین عناصر اصلی، سیلیسیم و هم‌روند با آن تیتانیم، گوگرد و آهن و در بین عناصر فرعی آرسنیک، مولیبدن، تنگستن و کروم بیشترین همبستگی را با طلا در بخشهای پرعیار از خود نشان داده و همراه با افزایش طلا در بخشهای به شدت دگرشکل و دگرسان‌شده، افزایش نشان می‌دهند. ارتباط مثبت این عناصر با طلا نشان‌دهنده ارتباط این عناصر با شدت و نوع دگرسانیهای سیلیسی و سولفیدی می‌باشد (کوهستانی و همکاران، ۱۳۸۳b). مقدار نقره در بخشهای مختلف پهنه‌های کانه‌دار پایین است. با این وجود، میزان این عنصر به سمت واحدهای به شدت دگرشکل و دگرسان‌شده افزایش نشان می‌دهد، به طوری که نسبت طلا به نقره در این بخشها تا ۴ و گاه بیشتر نیز می‌رسد. بر اساس (Ferkous & Leblanc, 1995)، مقدار بالای طلا در پهنه‌های غنی از سولفید در طول بخشهای سیلیسی‌شده، نشان می‌دهد که کانه‌سازی محصول دگرسانی است. نتایج مطالعات ژئوشیمیایی نشان

می‌دهد که به جز طلا و سیلیسیم، سایر عناصر افزایش یافته، ماهیت کالکوفیل دارند. این تمرکز که در واحدهای به شدت سولفیدی شده رخ داده است، بیانگر نقش کمپلکسهای بی‌سولفیدی در انتقال طلا است. حضور نسبتاً پایین فلزات پایه در کانسار چاه‌باغ، این مطلب را تأیید می‌کند.

بر اساس ضرایب همبستگی محاسبه‌شده در ماتریس همبستگی عناصر، طلا بیشترین همبستگی مثبت را با پتاسیم و تنگستن و به میزان کمتر با سیلیسیم دارد. طلا همبستگی مثبت ضعیفی با آرسنیک، آهن، گوگرد و سرب نشان می‌دهد. همچنین طلا بیشترین همبستگی منفی را به ترتیب با عناصر سدیم، آلومینیم و وانادیم و به میزان کمتر با نیکل، کبالت و روی نشان داده و کمترین همبستگی منفی را با مولیبدن و آنتیموان دارد (شکل ۲۴). همبستگی مثبت طلا با عناصر مزبور با ماهیت اسیدی منطقه انطباق خوبی نشان می‌دهد.

۹-۲- ژئوشیمی عناصر خاکی کمیاب (REE)

برای درک بهتر ژئوشیمی این عناصر، بخصوص تحرک آنها در طول واکنشهای سیال-سنگ وابسته به تشکیل کانه و در نهایت دریافت اطلاعاتی برای ارتباط بین تحرک REE و رخداد کانه‌زایی، میزان این عناصر در ۱۴ نمونه از سنگهای درونگیر، سنگهای دگرگون و دگرشکل‌شده و کانسنگ سیلیسی - سولفیدی بخش رگه‌ای کانسار چاه‌باغ اندازه‌گیری شد. بر اساس این مطالعات، طلا با عناصر خاکی کمیاب سبک، همبستگی مثبت (Eu همبستگی منفی دارد) و با عناصر خاکی کمیاب سنگین، همبستگی منفی نشان می‌دهد (شکل ۲۵).

غنی‌شدگی عناصر خاکی کمیاب سبک در نمونه‌های با عیار بالای طلا که به شدت سیلیسی و سولفیدی شده‌اند، بیانگر تأثیر دگرسانی گرمابی در تجمع عناصر فرار و متحرک (LREE) است (Ferkous & Leblanc, 1995). این مطلب با رویدادهای توزیع REE در کوارتزهای گرمابی (دگرسانی سیلیسی) کانسارهای طلا که دارای ارتباط مثبت بین طلا و LREE هستند (Novgorodova et al., 1984)، مطابقت دارد. با وجود همبستگی مثبت و منفی عناصر خاکی کمیاب و طلا، این عناصر یک همبستگی مثبت بالایی (بجز Dy و La) را با خود نشان می‌دهند. این امر بیانگر تحرک کم این عناصر در واحدهای دگرسان و دگرشکل‌شده منطقه با دگرگونی شیب‌سبز بالایی-آمفیولیت‌زیرین می‌باشد.

۱۰- نتیجه‌گیری

با توجه به مطالب عنوان شده در بالا، کانه‌زایی طلا در کانسار چاه‌باغ در دو مرحله صورت گرفته است:

مرحله نخست کانه‌زایی شامل کوارتز، پیریت (± طلا و نقره)، آرسنوپیریت مس‌دار (± نقره) و کلکوپیریت (± طلا و نقره) است. این مرحله از

تشکیل سولفید در تهنشست طلا از محلول بوده (Phillips & Groves, 1983) و به طور مستقیم به فرایند سولفیدی شدن مرتبط است، به طوری که طلا جزئی از دگرسانی سنگ دیواره به شمار می‌رود (Lobato et al., 1998).

مقایسه ویژگیهای ساختاری، نوع سنگ میزبان، دگرسانیها، پاراژنز و مشخصات کانه‌سازی کانسار چاه‌باغ با کانسارهای طلای کوهزایی (Groves et al., 1998, 2003; Kerrich et al., 2000) حاکی از آن است که کانسار چاه‌باغ از نظر ویژگیهای زمین‌شناسی و کانه‌زایی، بیشترین شباهت را با کانسارهای این تیپ دارد (جدول ۱).

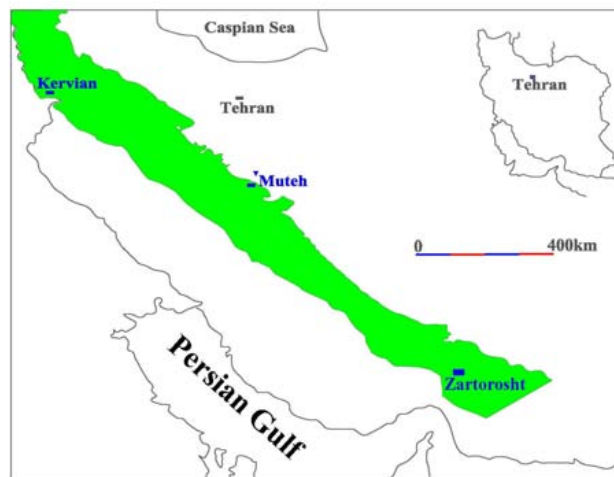
تشکر و قدردانی

بدین وسیله بر خود لازم می‌دانیم تا از حوزه معاونت محترم پژوهشی دانشگاه تربیت‌مدرس که ما را در انجام این تحقیق یاری رساندند و همچنین مسئولان و کارکنان محترم مجتمع طلای موته که در فراهم آوردن امکانات تجزیه آزمایشگاهی و اسکان یاری‌رسانمان بوده‌اند، تشکر و قدردانی نمایم.

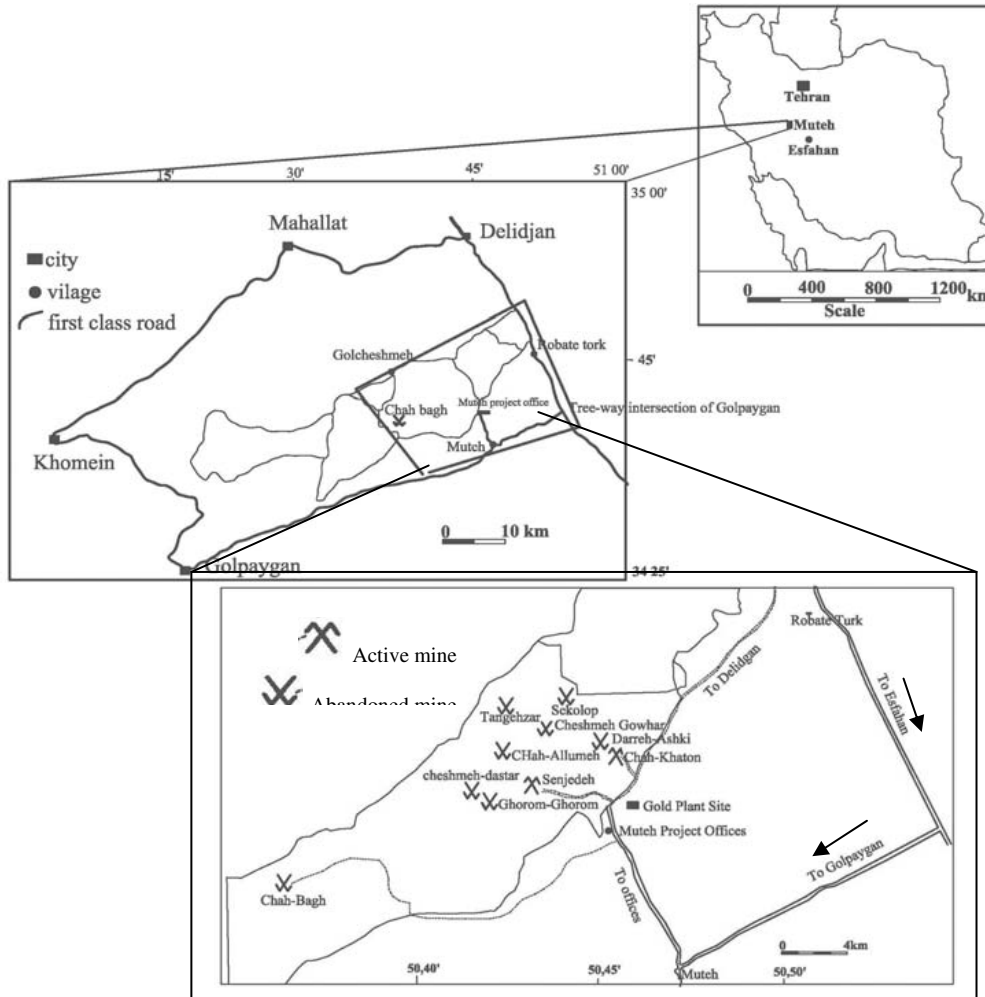
کانه‌زایی که معمولاً پیش‌درآمد مرحله اصلی کانه‌زایی طلاست (Zhou & Wang, 1999) سبب غنی‌شدگی نسبی واحدهای دگرشکل‌شده منطقه گردیده است، به طوری که بی‌هنجارهایی در حد ۱-۲ گرم در تن در واحدهای پروتومیلونیتی منطقه مشاهده می‌شود.

مرحله دوم کانه‌زایی شامل طلا، نقره، کوارتز، پیریت، کلکوپیریت است. این مرحله، فاز اصلی کانه‌زایی طلا در کانسار چاه‌باغ بوده و طی آن واحدهای پرعیار در بخشهای داخلی پهنه‌های دگرشکلی و دگرسانی تشکیل شده‌اند.

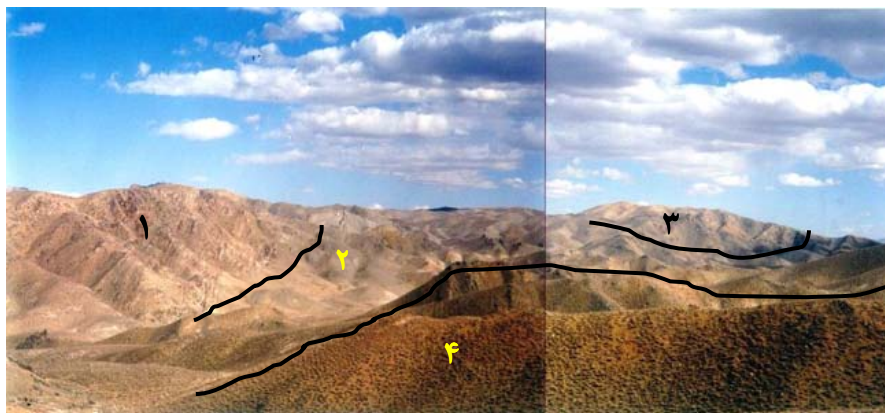
انطباق عیارهای بالای طلا در کانسار چاه‌باغ با بخشهای داخلی پهنه‌های برشی که بیشترین شدت دگرسانی (سیلیسی و سولفیدی) و دگرشکلی (میلونیتی و اولترامیلونیتی) را دارند، بیانگر ارتباط مکانی مثبت بین دگرشکلی، دگرسانی و کانه‌زایی است. همچنین رخداد کانیهای سولفیدی (\pm طلا) در رگه‌های کوارتزی هم‌روند با برگواری (پهنه برشی شکل‌پذیر) و رگه‌های کوارتزی قطع‌کننده برگواری (پهنه برشی شکنای)، بیانگر تهنشست هم‌زمان کوارتزها و سولفیدها (\pm طلا) طی یک رخداد گرمایی یکسان است (Uemoto, 2002). بنابراین می‌توان کانه‌زایی طلا در کانسار چاه‌باغ را به فرایند دگرسانی گرمایی (سیلیسی و سولفیدی) مرتبط دانست که در پهنه‌های برشی، در اثر نفوذ حجم قابل توجهی سیالهای دارای گوگرد، سیلیسیم، طلا و ... صورت گرفته است. این امر بیانگر نقش اساسی



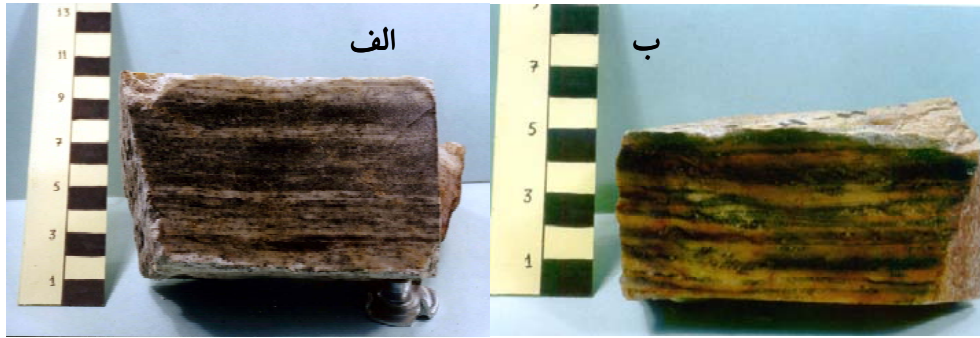
شکل ۱- موقعیت کانسارهای طلای موته، کرویان و زرتروشت در پهنه‌سندج - سیرجان.



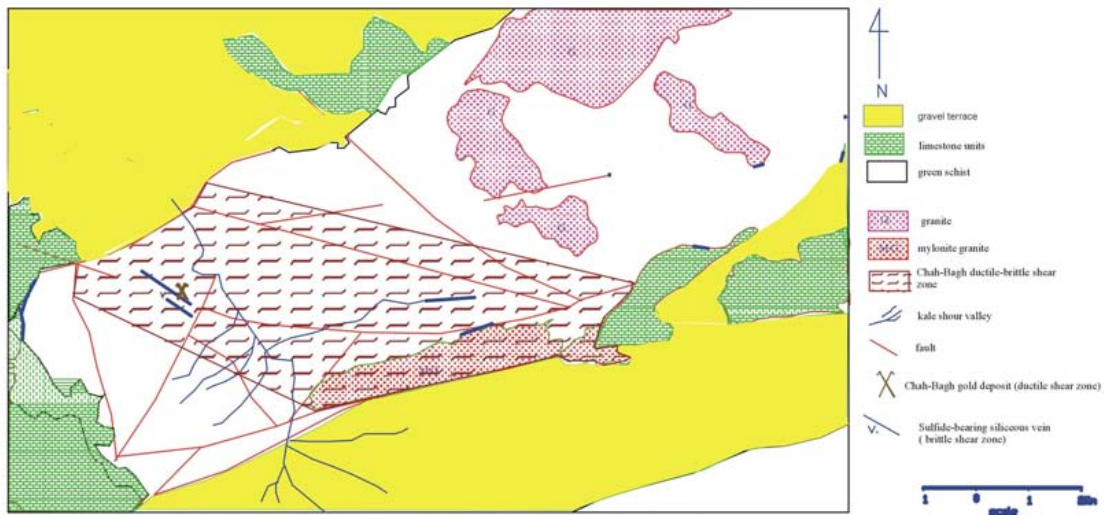
شکل ۲- موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی به کانسار چاه باغ و معادن فعال سندانج و چاه خاتون و دیگر کانسارهای طلا در منطقه معدنی مونه.



شکل ۳- نمایی عمومی از برخی واحدهای سنگی منطقه چاه باغ. ۱- ریولیت میلونیتی، ۲- شیستهای سبز، ۳- گرانیت میلونیتی، ۴- فلسیک شیست؛ نگاه به سمت S70E



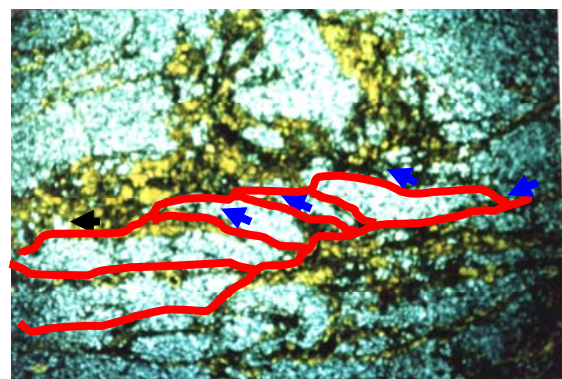
شکل ۴- حالت نواری و ساختار میلوئیتی ناشی از جدایش کانیهای تیره و روشن در سنگهای پهنه برشی چاه باغ. شدت دگرشکلی ظاهری گنیس مانند به سنگها داده است. الف) ریولیت میلوئیتی، ب) گرانیت میلوئیتی.



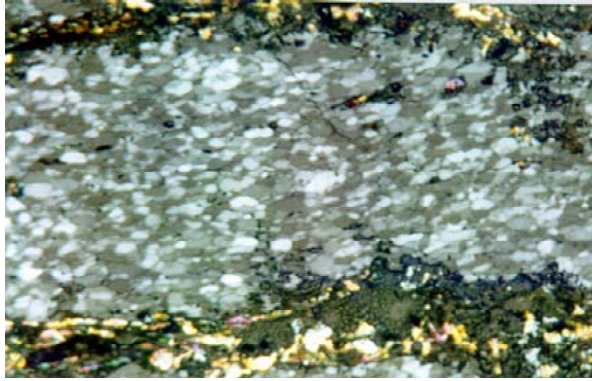
شکل ۵- نقشه زمین شناسی پهنه برشی چاه باغ و موقعیت کانسار چاه باغ



شکل ۷- شکستگیهای برشی کششی از نوع S شکل با راستای برشی چپگرد. گرانیت میلوئیتی خاور دره کال شور. نگاه به سمت شمال



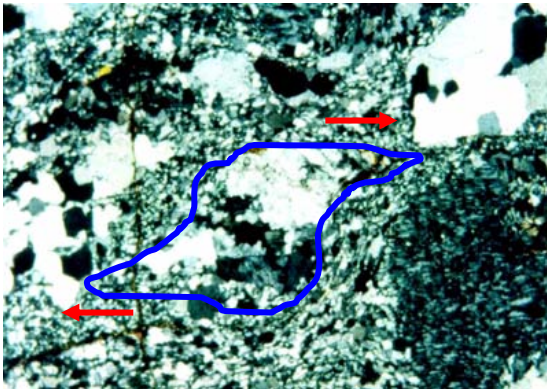
شکل ۶- گسترش ریزساختار دوپلکس از نوع راندگی در میلوئیت‌های منطقه. نور پلاریزه متقاطع، $1/0.04x$



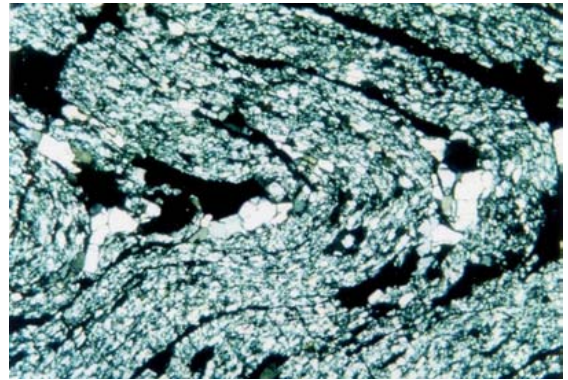
شکل ۹- گسترش برگوارگی میلوئیتی ناشی از سوگیری ترجیحی کانیهای روشن در واحدهای متاریولیتی به شدت دگرشکل شده (اولترامیلونیت). نور پلاریزه متقاطع، $6.3/0.20x$



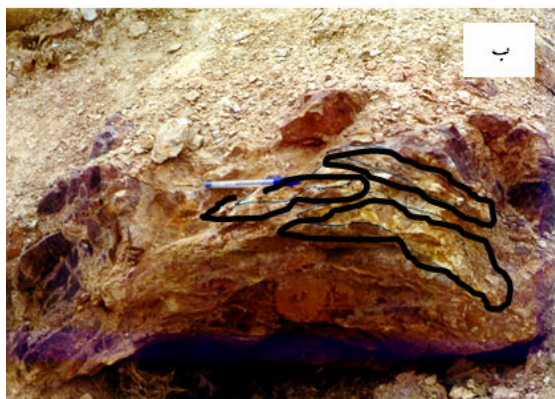
شکل ۸- گسترش برگوارگی میلوئیتی در واحدهای به شدت دگرشکل شده و میلوئیتی منطقه.



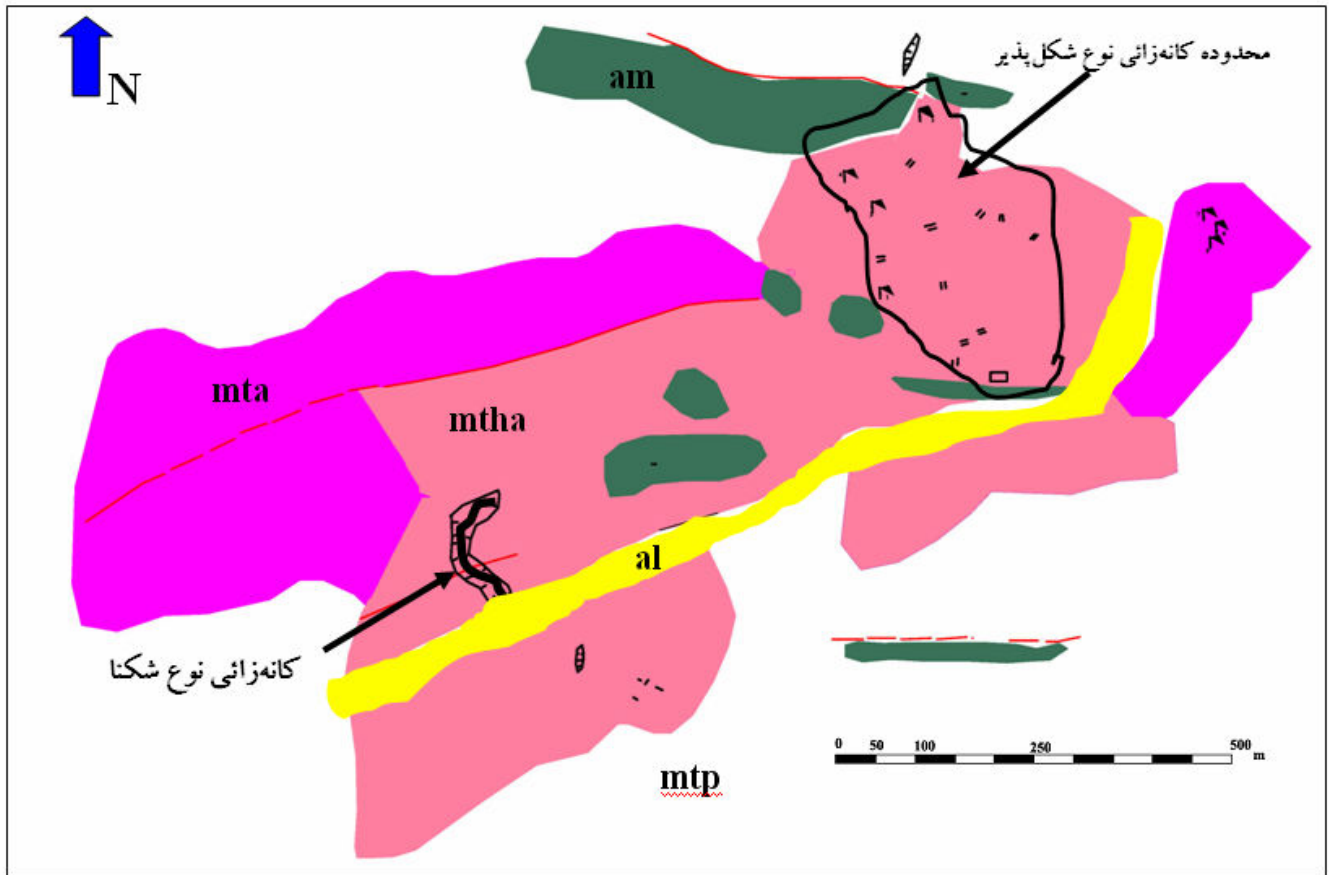
شکل ۱۱- پورفیروکلاستهای پوششی نوع سیگما (σ) با هسته و دنباله‌هایی از جنس ارتوکلاز نشان‌دهنده سوی برشی راستگرد. نور پلاریزه متقاطع، $2.5/0.08x$



شکل ۱۰- ریزدانه شدن دانه‌های کوارتز و فلدسپار، تشکیل برگوارگی میلوئیتی، ریزچین خوردگی برگوارگی، تشکیل ریزنوارهای شکنجی S شکل و تشکیل فضاهای خالی سدل‌مانند در واحدهای اولترامیلونیتی که توسط کوارتزهای تبلوردوباره یافته پر شده‌اند. نور پلاریزه متقاطع، $2.5/0.08x$

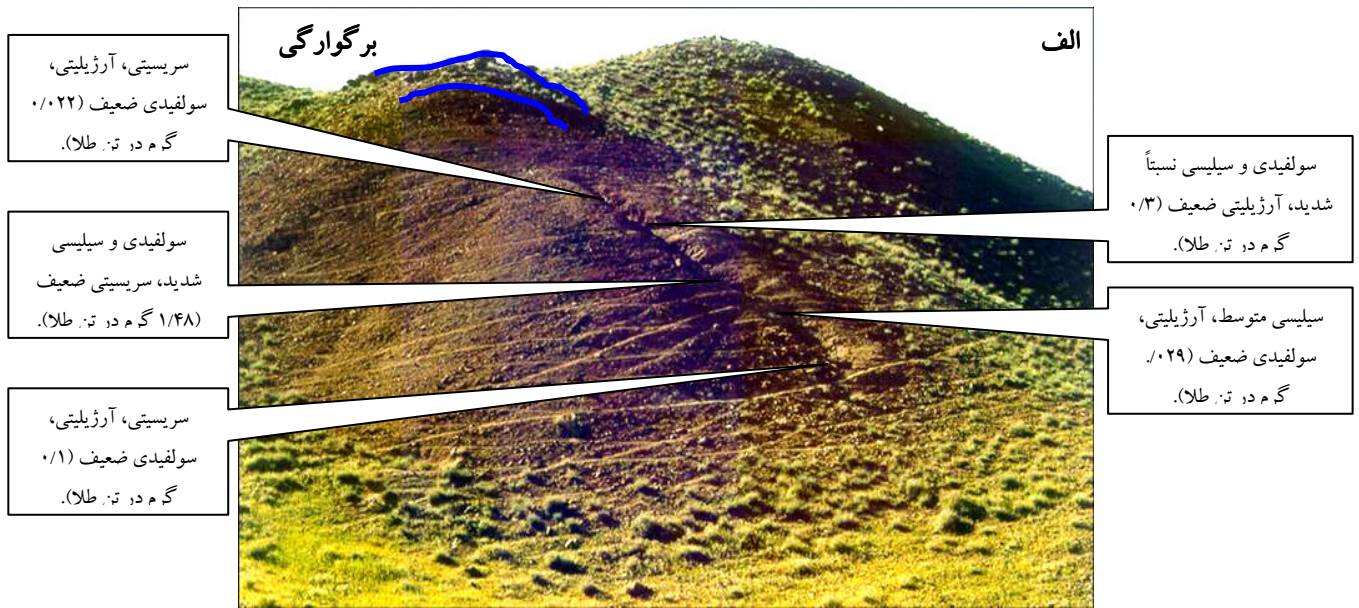


شکل ۱۲- نمایی از توسعه دگرسانی سیلیسی هم‌روند با برگوارگی چیره منطقه. الف) لامینه‌های سیلیسی در فلسیک‌شیت‌های به شدت دگرسان‌شده (ب) بخش‌های عدسی‌شکل هم‌روند با برگوارگی واحد متاریولیتی، نگاه به سمت S30W. (برگوارگی واحدها توسط خودکار نشان داده شده است).



شکل ۱۳- بخشی از نقشه زمین شناسی ۱:۵۰۰۰ کانسار چاه باغ و موقعیت انواع تپه های کانه زایی شکل پذیر و شکنای آن.

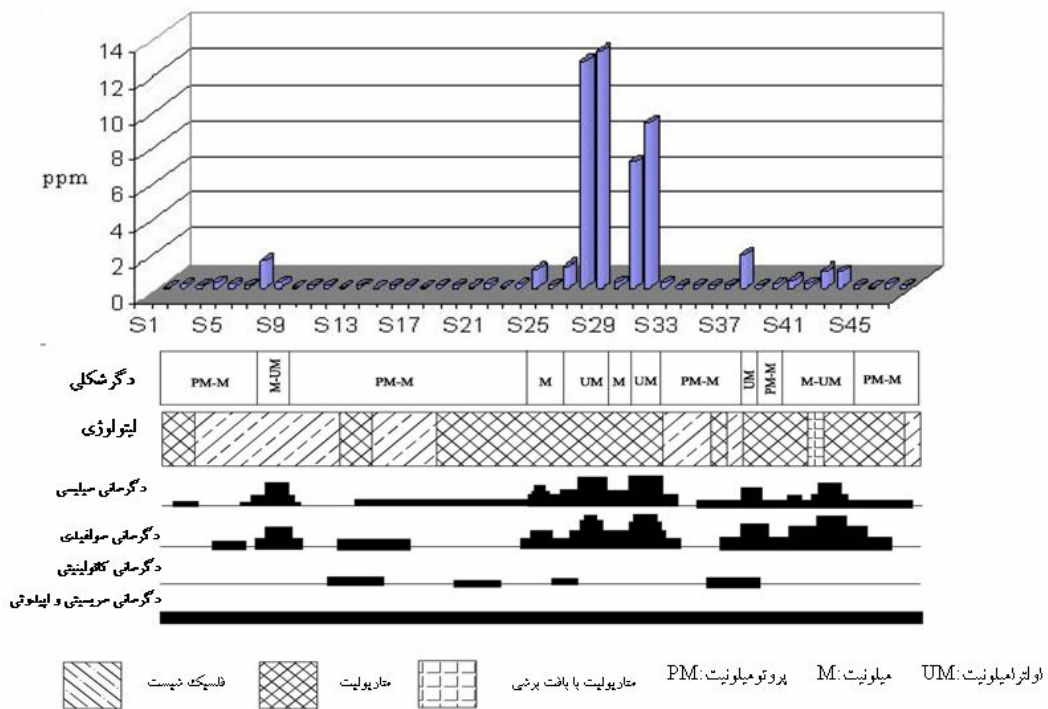
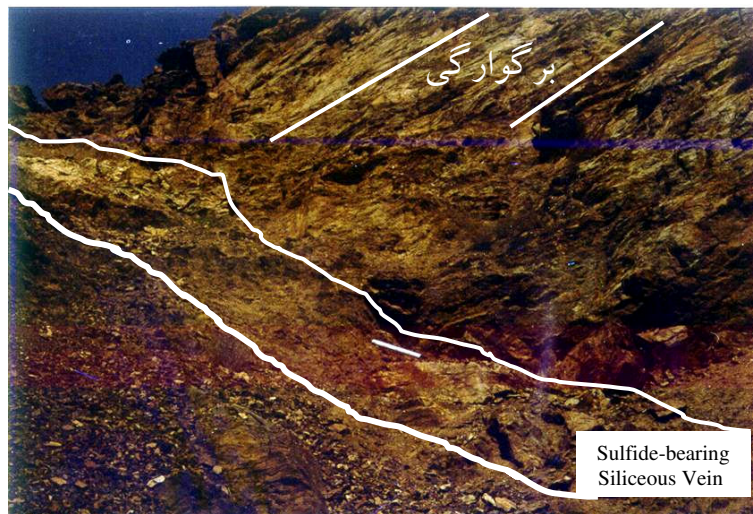
mtp: فیلیست، شیست سبز، سرسیت شیست mtha: متاتوف سیلیسی به شدت دگرسان شده با بین لایه هایی از متاریولیت mta: بیشتر متاریولیت (گدازه فلسیک) با میزان کمی متاتوف سیلیسی (فلسیک توف) am: آمفیولیت سبز تیره، آمفیولیت شیست al: رسوبات عهد حاضر



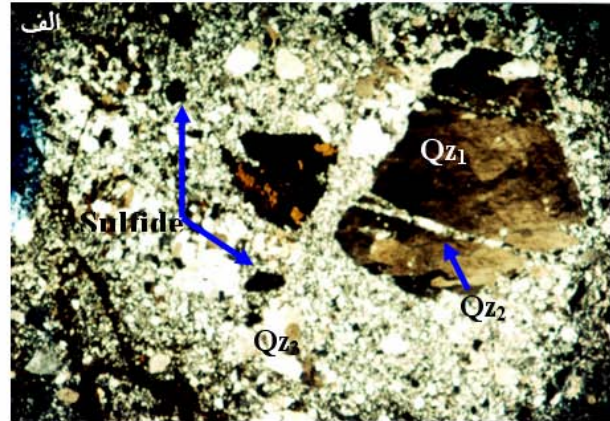
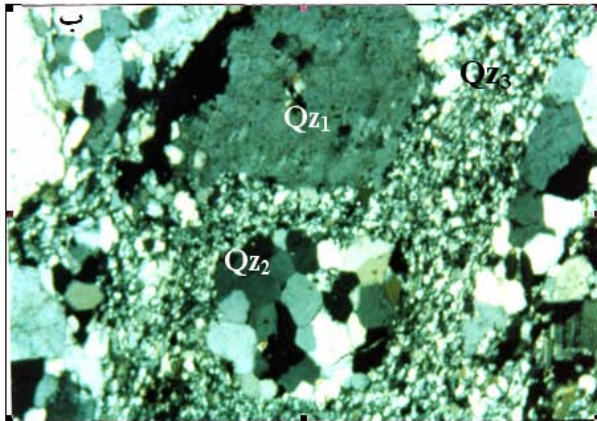
شکل ۱۴- نمایی از ترانشه‌ها و تونلهای حفر شده در بخشهای به شدت دگرشکل و دگرسان شده پهنه برشی شکل پذیر در کانسار چاه باغ.
الف) ترانشه عمود بر روند برگوارگی واحدهای فلسیک شستی. به تغییرات عیار بر حسب نوع دگرسانی توجه شود. نگاه به سمت N55E
ب) تونل شماره ۳ هم‌روند با برگوارگی واحدهای متاریولیتی با میان لایه‌های فلسیک- شستی، نگاه به سمت S25E



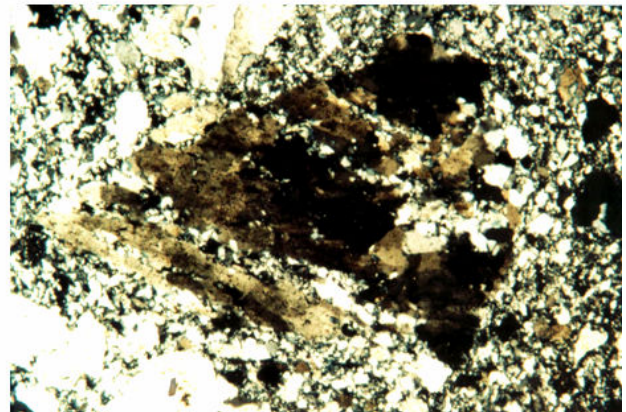
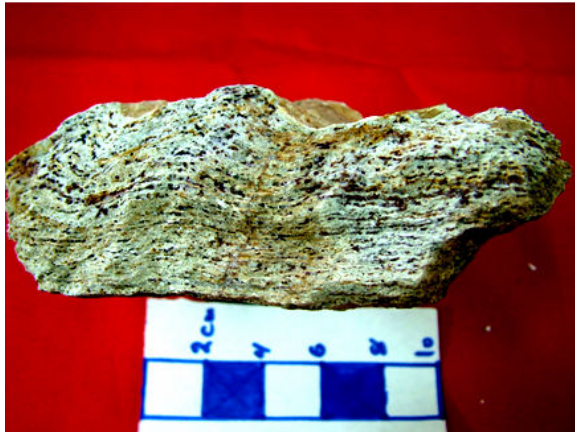
شکل ۱۵- نمایی از پهنه سیلیسی سولفیدی طلا دار اصلی چاه باغ و ترانشه حفر شده بر روی آن. به قطع شدگی واحدهای میزبان (فلسیک شست با میان لایه های متاریولیتی) توجه کنید. مقیاس (نقشه) ۸۰ سانتی متر درازا دارد. نگاه به سمت N30W



شکل ۱۶- نمایی کلی از ارتباط بین تغییرات عیار طلا با شدت دگرشکلی و نوع دگرسانی سنگهای میزبان در کانسار چاه باغ. به عیارهای بالای طلا که منطبق بر بخشهای اولترامیلونیتی-میلونیتی و دگرسانیهای سیلیسی و سولفیدی است، توجه کنید.

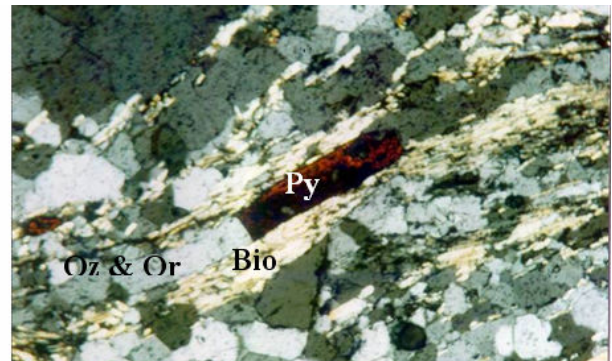
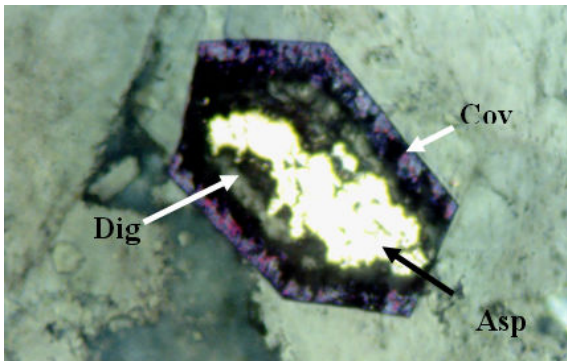


شکل ۱۷- نمایی میکروسکوپی از کوارتزهای مرحله اول گرمایی (نسل دوم) با ظاهر روشن و شفاف. الف) کوارتز نسل دوم (Qz2) به صورت رگچه کوارتزهای قبل از دگرشکلی (پورفیروکلاست (Qz1)) را قطع کرده است. نور پلاریزه متقاطع، $1/0.04x$ ب) کوارتز نسل دوم به صورت تجمع دانه‌ای تبلوردوباره یافته با بافت موزاییکی. نور پلاریزه متقاطع، $2.5/0.05x$ ؛ در هر دو تصویر کوارتزهای گرمایی نسل سوم (Qz3) همراه با سولفید با ظاهری کدرتر و ریزتر دیده می‌شوند که در اطراف دو نسل قبلی و داخل ریزشکستگیهای آنها قرار گرفته‌اند.



شکل ۱۹- نمایی از برگوارگی میلوئیتی در واحدهای فلسیک شیبی به شدت دگرشکل شده همراه با پیریت‌های خودشکل نسل اول (دانه‌های تیره هم‌رند با برگوارگی) که در اثر اکسایش به هیدروکسیدهای آهن تبدیل شده‌اند.

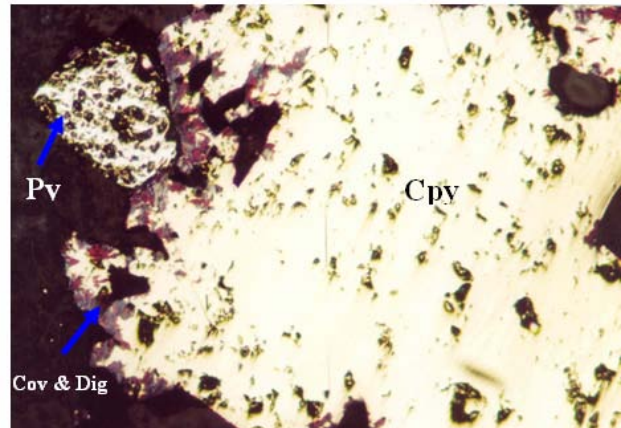
شکل ۱۸- گسترش بافت ساروجی (وسط تصویر - سمت راست) در کوارتزهای پورفیروکلاست. نور پلاریزه متقاطع، $2.5/0.08x$



شکل ۲۱- نمایی از بلور ارتورومبیک آرسنوپیریت (Asp) که از حاشیه به دیژنیت (Dig) و کوولیت (Cov) دگرسان شده است. نور بازتابی بدون آنالیزور، $20x/0.40$ Oil

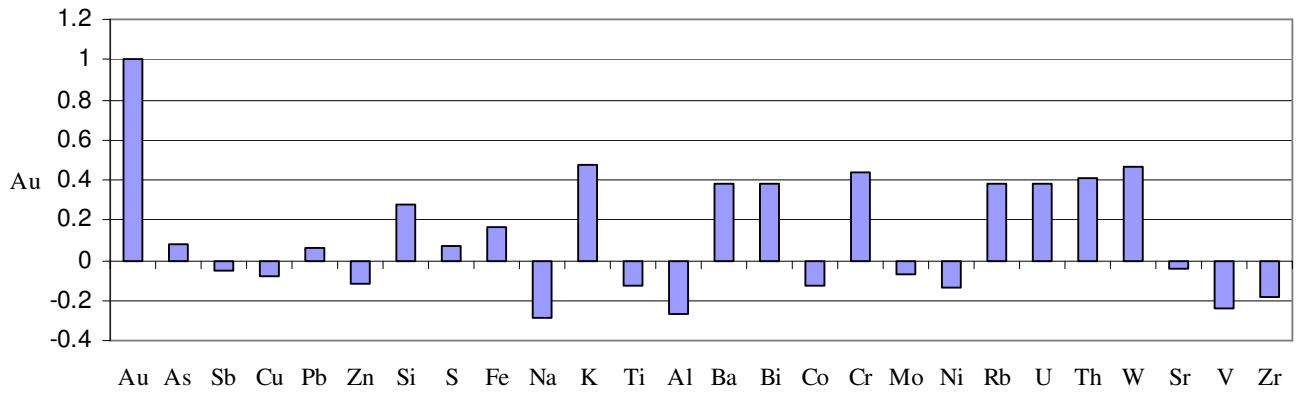
شکل ۲۰- نمایی از پیریت خودشکل نسل اول که در راستای بیشترین محور تنش کشیده شده و هم‌رند با برگوارگی قرار گرفته است. پیریت در اثر اکسایش به هیدروکسید آهن تبدیل شده است. نور پلاریزه متقاطع، $6.3/0.20x$

شکل ۲۲- نمایی از کلکوپیریت درشت بلور نسل اول (Cpy) در کنار پیریت با بافت مجوف (نسل اول). کلکوپیریت از حاشیه به کولیت و دیژنیت دگرسان شده است. نور بازتابی بدون آنالیزور، 20x/0.40 Oil

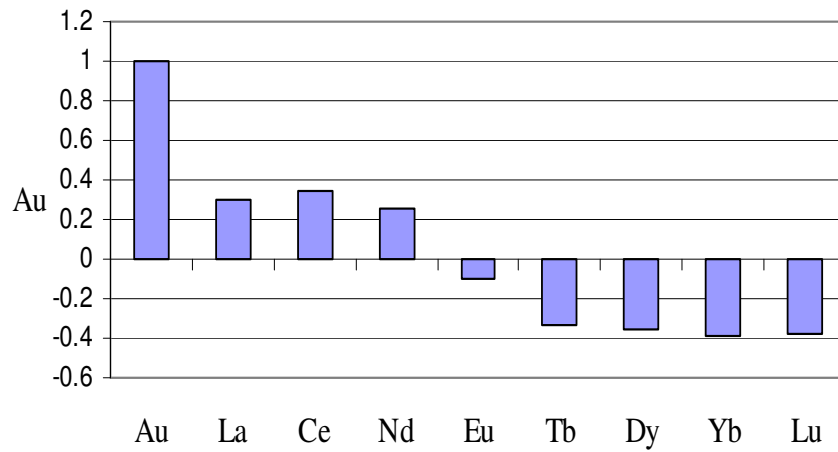


Minerals		Pre-deformation	Hydrothermal		Weathering
			Stage I	Stage II	
				First Phase	
Pyrite	Type I		—————		
	Type II			—————	
Arsenopyrite			—————		
Chalcopyrite	Type I		—————		
	Type II			—————	
Covellite					—————
Digenite					—————
Gold			—————	—————	
Silver			—————	—————	
Fe-Oxides					—————
Malachite & Azurite					—————
Quartz	Type I	—————			
	Type II		—————		
	Type III			—————	
Feldspar		—————			
Phyllosilicates		—————			—————
Epidote					—————
Clay Minerals					—————
Textures	Disseminated		—————		
	Laminated		—————		
	Vein & veinlet		—————		

شکل ۲۳- توالی پاراژنتیک کانیها و بافت ماده معدنی در کانسار چاه باغ.



شکل ۲۴- نمودار همبستگی طلا و عناصر همراه در نمونه‌های برداشت شده از مقاطع لیتوژئوشیمیایی عمود بر روند پهنه‌های کانسار چاه باغ.



شکل ۲۵- نمودار همبستگی عناصر خاکی کمیاب و طلا در نمونه‌های برداشت شده از پهنه‌های کانسار.

جدول ۱- مقایسه ویژگیهای اصلی کانسار چاه باغ با کانسارهای طلای کوهزایی.

ویژگی های اصلی	کانسارهای طلای کوهزایی	کانسار چاه باغ
محدوده سنی سنگ- های دربرگیرنده کانسار	آرکنن میانی-ترسیر، بطور عمده در آرکنن پایانی، پروتروژنیک پایینی، پالئوزوژنیک میانی-پایانی و ژوراسیک-ترسیر	پالئوزوژنیک میانی-بالائی (؟) (رشیدنژاد عمران، ۱۳۸۱)
موقعیت تکتونیکی	محیط های کوهزایی افزایشی ناشی از همگرانی و فرورانش پوسته اقیانوسی و در نهایت برخورد صفحات (محدوده های نابرجا)	بر اساس مطالعات مختلف، محیط فرورانشی و برخورد صفحه عربی با ایران
جایگاه ساختاری	کمبرندهای دگرگونی و دگرشکلی حاشیه فعال قاره ای که توده های نفوذی با ترکیب حدواسط تا اسیدی در آن جایگزین شده اند. گسل های عمیق با شیب تند تا متوسط در طول مراحل آخر فشارشی-کششی نیز از دیگر مشخصات آنها است	شمال باختری پهنه دگرگونی-ماگمایی سندج-سیرجان و در زیر پهنه با دگرشکلی پیچیده (محل، ۱۹۹۷) که در آن گسل های تراسی با امتداد شمال خاوری -جنوب باختری گسترش یافته است
سنگ های میزبان	متفاوت، اما در کانسارهای با سن فانروزوژنیک توالی های آتشفشانی-رسوبی گسترش بیشتری دارند	فلسیک شیبست ها و متاریولیت های کاملاً دگرریخته
درجه دگرگونی سنگ های میزبان	دگرگونی ناحیه ای پیشرونده با رخساره های شیبست سبز زیرین-گرانولیت زیرین، عمدتاً رخساره شیبست سبز (پایینی-بالائی)	دگرگونی ناحیه ای با درجه رخساره شیبست سبز تا آمفیولیت زیرین
ارتباط با توده های نفوذی	از نظر زمانی و مکانی با توده های نفوذی ارتباط دارند، اما ارتباط ژنتیکی مشاهده نمی شود. نقش توده ها تأمین حرارت و بالا بردن گرادیان زمین گرمائی منطقه است	توده های نفوذی سنگ میزبان کانه زایی نمی باشد. شواهد موجود بیانگر عدم ارتباط ژنتیکی اما نقش شار حرارتی در تمرکز کانه و دگرشکلی می باشد
عوامل کنترل کننده کانه زایی	فاکتورهای فیزیکوشیمیائی، زمین شناسی و ساختمانی عمل کننده در مقیاس ناحیه ای اما عوامل اصلی، دگرسانی و کنترل کننده های ساختاری قوی شامل گسل ها یا پهنه های برشی و چین ها می باشند	پهنه های برشی (شکل پذیر و شکنا) و دگرسانی (سیلیسی و سولفیدی)
گسترش و ابعاد کانسار	درازی متغیر (معمولاً بین ۵ تا ۱۰ کیلومتر) و پهنائی تا ۰/۱ کیلومتر و گسترش عمقی تا ۲-۱ کیلومتر	درازی یک کیلومتر و پهنای متوسط تا ۶۰ متر برای بخش شکل پذیر و درازی تا ۳۰۰ متر و پهنای ۵-۳ متر در بخش شکنا
نوع کانه سازی	متفاوت، سدل ریف ها، جانیشینی سنگ های غنی از آهن، رگه های بزرگ، دسته رگه ها و عدسی شکل در واحدهای دگرریخته و دگرسان شده	ژنومتری عدسی شکل و رگه و رگچه های همروند با برگرارگی در بخش شکل پذیر و رگه ای در بخش شکنا
زمان کانه سازی	مراحل آخر تکتونیک، هم زمان (رخساره آمفیولیت) تا بعد (رخساره شیبست سبز) از اوج دگرگونی	شواهد موجود بیانگر کانه سازی بعد تا هم زمان با اوج دگرگونی برای بخش شکل پذیر و بعد از اوج دگرگونی برای رگه های بخش شکنا می باشد
دگرسانی هیدروترمالی	بطور عمده شامل کرنائی، آلپینی، سریسیتی، سیلیسی، سولفیدی، کلریتی، تورمالینی و لیستونیتی می باشد که بطور کامل به نوع سنگ میزبان وابسته است	عمدتاً شامل سریسیتی، کانولینیتی، اپیدوتی، تورمالینی، آلپینی، سیلیسی و سولفیدی می باشد
عناصر کانه ساز	طلا و نقره	طلا (نقره)
پاراژنز	مرحله نخست: کوارتز، کربنات های آهن-منیزیم-کلسیم، آرسنوپیریت، پیریت (±طلا)، آلپیت، سریسیت، کلریت، شلیت، استینیت، پیرویت، تراهیدریت، کالکوپیریت و تورمالین مرحله دوم: طلا، گالن، اسفالریت و تلوریدها	مرحله نخست: کوارتز، پیریت (±طلا و نقره)، آرسنوپیریت مس دار (±نقره)، کالکوپیریت (±طلا و نقره) مرحله دوم: طلا، نقره، کوارتز، پیریت، کالکوپیریت
شرایط دمائی	بر اساس مطالعات انجام شده بین ۱۸۰ تا ۶۰۰ درجه سانتی گراد. بطور عمده کانه سازی بین محدوده دمائی ۲۲۰-۳۵۰±۵۰ درجه سانتی گراد رخ می دهد	کانی های دگرسانی همراه کانه سازی بیانگر دمای تشکیل تحت شرایط شیبست سبز (۳۲۰-۲۴۰ درجه سانتی گراد) می باشد (موریتر و غضبان، ۱۹۹۵، ۱۹۹۶)
جایگاه کانه سازی	کانه سازی در بخش های داخلی پهنه های برشی بوده و شدت آن در ارتباط با شدت دگرشکلی می باشد. فضاهای حاصل از دگرشکلی شکل پذیر (فابریک های ساختاری و رگه های همروند و رگچه های بودن جهت یابی خاص) و دگرشکلی شکنا (فضاهای گسلی) مناسب هستند	کانه زایی در بخش های داخلی پهنه های برشی و درون فضاهای ساختاری همروند با برگرارگی (فابریک های C/S) بخش شکل پذیر و فضای گسل های کششی نرمال در بخش شکنا رخ داده است
فابریک و بافت شاخص	فابریک میلونیتی (پروتومیلونیت-اولترامیلونیت) و بافت ساروجی در بخش شکل پذیر و فابریک کاتاکلاستیکی و بافت برشی در بخش شکنا	مطالعات میکروسکوپی بیانگر گسترش فابریک میلونیتی و بافت ساروجی در بخش شکل پذیر و فابریک کاتاکلاستیکی و بافت برشی در بخش شکنا می باشد
فلزات همراه	Au, Ag, Sb, As, W, Hg, Bi, Mo, Cu, Pb, Zn Au/Ag avg 5	Au, Ag, W, Mo, As, Cu, Pb, Zn Au/Ag avg 2.5
سیالات کانه ساز	N ₂ ±CH ₄ ±CO ₂ , H ₂ O شوری پایین، غنی از	شوری پایین (عدم حضور گسترده سولفید فلزات پایه) و غنی از S, H ₂ O و CO ₂ (LOI بالا)
ژنز	گروهی تمرکز کانه زایی را به سیالات دگرگونی آزاد شده در بخش های عمیق پوسته و حرکت آنها به سمت بالا و از طریق مجاری عبوری (پهنه های برشی) مرتبط می دانند. گروه دیگر، نفوذ آب های جوی به داخل پوسته و گرم شدن و صعود این سیالات را که همراه با غنی شدگی و تمرکز طلا از سنگ های دربرگیرنده می باشند را مرتبط با کانه زایی می دانند. بعضی نیز هر دو عامل را مرتبط می دانند	با توجه به شواهد موجود می توان تمرکز کانه زایی در بخش شکل پذیر را به سیالات دگرگونی پیشرونده و در بخش شکنا را به اختلاط آب های جوی گرم شده با سیالات دگرگونی قهقرانی مرتبط دانست

کتابنگاری

- حسینی، ح.، محجل، م.، صدیق، م.، ۱۳۸۱- تحلیل ساختاری سنگ‌های دگرگونه منطقه موته (خاور گلپایگان) و ارتباط آن با کانی‌سازی طلا، امیرکبیر، سال سیزدهم، شماره ۵۰، صص ۲۳۳-۲۲۵.
- حیدری، س. م.، ۱۳۸۳- کانی‌شناسی، ژئوشیمی و فابریک کانه‌زایی طلا در پهنه برشی خمیری منطقه کرویان (جنوب غرب سقز، استان کردستان). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس.
- حیدری، س. م.، استاد، ا.، محجل، م.، نیان، ا.، ۱۳۸۱- رخداد کانه‌زایی طلا در پهنه برشی دگرسان کرویان. بیست و یکمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- راستگوی مقدم، غ. ر.، رشیدنژاد عمران، ن.، استاد، ا.، برنا، ب.، ۱۳۸۲- کانه‌زایی طلا در پهنه‌های برشی منطقه معدنی زرترشت در زون سندج-سیرجان (جنوب غرب سبزواران). بیست و دومین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور
- رشیدنژاد عمران، ن.، ۱۳۸۱- پترولوژی و ژئوشیمی سنگ‌های متاولکانو-سدیمتری و پلوتونیک منطقه موته (جنوب دلیجان) با نگرشی ویژه به خاستگاه و کانی‌سازی طلا. رساله دکتری، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس، ۴۰۴ ص.
- صدیق، م.، ۱۳۷۸- تحلیل ساختاری سنگ‌های دگرگونه در ناحیه موته. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس، ۹۳ ص.
- کوهستانی، ح.، ۱۳۸۳- زمین‌شناسی، کانی‌شناسی، ژئوشیمی و فابریک کانه‌زایی طلا در پهنه‌های برشی ناحیه چاه‌باغ در منطقه معدنی موته (جنوب غرب دلیجان، استان اصفهان). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس.
- کوهستانی، ح.، استاد، ا.، رشیدنژاد عمران، ن.، ۱۳۸۲- کانه‌زایی طلا در پهنه‌های برشی خمیری و شکنای ناحیه چاه‌باغ، منطقه معدنی موته (جنوب‌باختری دلیجان، اصفهان). بیست و دومین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- کوهستانی، ح.، استاد، ا.، رشیدنژاد عمران، ن.، محجل، م.، ۱۳۸۳a- دگرشکلی، دگرسانی و نقش آنها در کانه‌زایی طلا در پهنه‌های برشی کانسار چاه‌باغ، بیست و سومین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- کوهستانی، ح.، رشیدنژاد عمران، ن.، استاد، ا.، ۱۳۸۳b- تحولات ژئوشیمیایی عناصر اصلی و فرعی و ارتباط آنها با کانه‌زایی طلا در پهنه‌های برشی کانسار چاه‌باغ، بیست و سومین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- محجل، م.، شمس، م. ج.، ۱۳۸۰- فابریک سنگ‌های طلا دار منطقه کرویان. نوزدهمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

References

- Bierlein, F. P., Crowe, D. E., 2000- Phanerozoic Orogenic lode gold deposits. *Rev. Econ. Geol.* 13: 103-139
- Bierlein, F. P., Christie, A. B., Smith, P. K., 2004- A comparison of orogenic gold mineralisation in central Victoria (Aus.), Western South Island (N.Z.) and Nova Scotia (Can.): implication for variation in the endowment of Paleozoic metamorphic terrains. *Ore Geol. Rev.* Article in press.
- Ferkous, K., Leblanc, M., 1995-Gold mineralization in the West Hoggar shear zone, Algeria, *Min. Dep.*, 30: 211-224.
- Goldfarb, R. J., Groves, D. I., Gardoll, S., 2001- Orogenic gold and geologic time: a global synthesis. *Ore Geol. Rev.* 18: 1-75.
- Goujou, J. C., Golberg, J.M., Leyreloup, A.F., 1988- Reaction de decarbonation et de formation de biotite et de plagioclase ou de plagioclase et defeldspath K dans les roches calcaro-pelitiques de la Ballongue (zone Nord Pyreneenne). *C.R. Acad. Sci. Paris* 307/11:39-44
- Groves, D. I., Goldfarb, R. J., Gebre-Mariam, M., Hagemann, S. G. Robert, F., 1998- Orogenic gold deposits: a proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types. *Ore Geol. Rev.* 13: 7-27.
- Groves, D. I., Goldfarb, R. J., Robert, F., Hart, C.J.R., 2003- Gold deposits in metamorphic belts: overview of current understanding, outstanding problems, future research and exploration significance. *Econ. Geol.* 98: 1-29
- Kerrick, R., Wyman, D. A., 1990- The trace element systematizes of igneous rocks in mineral exploration: an overview. *Geol. Assoc. Can., Geol. Short Course Notes* 12, pp. 1-50
- Kerrick, R., Goldfarb, R. J., Groves, D. I., Garwin, 2000- The geodynamic of world-class gold deposits: characteristics, space-time distribution and origins. In: Hagemann, S. G., Brown, P.E., (ed.), *Gold in 2000*, *Rev. in Econ. Geol.* 13: 501-551
- Kolb, J., Kisters, A. F. M., Meyer, F. M., Siemes, H., 2003-Polyphase deformation of mylonites from the Renco gold mine (Zimbabwe): identified by crystallographic preferred orientation of quartz. *J. Struc. Geol.* 25: 253-262
- Lobato, L. M., Viera, F. W. D. R., Rebeiro-Rodrigues, L. C., Pereira, L. M. M., Menezes, M. G. D., Junqueira, P. A., Pereira, S. L. M., 1998- Styles of hydrothermal alteration and gold mineralizations associated with the Nova Lima group of the Quadrilatero Ferrifero: part 1, description of selected gold deposits. *Revista Brasileira de Geociencias* 28: 339-354

- Mather, G.D., 1970-The biotite isograd and the lower greenschist facies in the Dalradian rocks of Scotland. *J. Petrol.* 11:253-275
- Moritz, R. & Ghazban, F., 1995- Gold mineralisation in the Precambrian basement of the Zagros Belt, Esfahan Province, Iran, *Min. Dep., Pasava, Kribek & Zak (ed).* pp. 161-164
- Moritz, R. & Ghazban, F., 1996-Geological and fluid inclusion studies in the Muteh gold district, Sanandaj-Sirjan zone, Esfahan Province, Iran, *Schweiz Mineral. Petrogr. Mitt.* 76: 85-89
- Novgorodova, M. I., Veretennikov, V. M., Boyarskaya, R. V., Drynkin, V. I., 1984- Geochemistry of trace element in gold-bearing quartz. *Geochem. Int.* 21: 101-113
- Phillips, G. N., Groves, D. I., 1983- The nature of Archean gold bearing fluids as deduced from gold deposits of western Australia. *J. Geol. Soc. Aus.* 30: 25-39
- Sibson, R. H., Scott, J., 1998- Stress/fault controls on the containment and release of overpressured fluids: Examples from gold-quartz vein systems in Juneau, Alaska, Victoria, Australia and Otago, New Zealand. *Ore Geol. Rev.* 13: 293-306
- Twiss, R. J., Moores, E. M., 1992- *Structural geology.* W. H. Freeman and Com. New York, 415 p.
- Uemoto, T., Ridley, J., Mikucki, E., Groves, D. I., Kusakabe, M., 2002- Fluid chemical evolution as a factor in controlling the distribution of gold at the Archean Golden Crown lode gold deposit, Murchison province, Western Australia. *Econ. Geol.* 97: 1227-1248
- Worku, H., 1996- Structural control and metamorphic setting of the shear zone-related Au vein mineralization of the Adola Belt (southern Ethiopia) and its tectono-genetic development. *J. African. Earth Sci.* 23: 383-409 .
- Zhang, L., Shen, Y., Ji, J., 2003- Characteristics and genesis of Kanggur gold deposit in the eastern Tianshan mountains, NW China: evidence from geology, isotope distribution and chronology. *Ore Geol. Rev.* 23: 71-90
- Zhou, Y., Wang, Z., 1999- Altered ductile shear zone host type of gold deposits from south China: a case study. *J. Geoscience. of China* 1: 23-38

*بخش زمین شناسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

*Geology Dep., Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran